

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет
Кафедра приладобудування

Магістерська дисертація

зі спеціальності Метрологія та інформаційно вимірвальна техніка

на тему Комп'ютерно-інтегрована система контролю чистоти невеликих
водоймищ

Керівник Гераїмчук М. Д.

Виконав Кондратюк С. В.

Допущено до захисту

студент 2 курсу

“ ” _____ 20__ р.

групи ПІ-81мп

Захищено з оцінкою

Київ - 2019року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

«На правах рукопису»

УДК 628.3

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Гераїмчук М.Д.

(підпис)

“ ” 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

на тему: Комп'ютерно-інтегрована система контролю чистоти невеликих водоймищ

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ПІ-81мп
(шифр групи)

Кондратюк Сергій Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник д.т.н. професор Гераїмчук М. Д.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант стартап-проект д.е.н. Бояринова К.О.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н. Шевченко В.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М. Д. Гераїмчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Кондратюку Сергію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації **Комп'ютерно-інтегрована система контролю чистоти невеликих водоймищ**

науковий керівник магістерської дисертації

Гераїмчук Михайло Дем'янович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2019 р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації 06 грудня 2019 р.

3. Перелік завдань, які потрібно розробити Вступ. Огляд літературних джерел за темою, вибір і обґрунтування напрямів та методів дослідження. Розробка математичної моделі об'єкта дослідження. Проведення комп'ютерного експерименту. Розробка структури системи. Розробка структури непереривної безпроводної сенсорної мережі системи. Розробка стартап проекту. Висновки.

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Схеми 3 арк. ф. А1. Складальний кресленник, 1 арк. ф. А1. Робочі креслення деталей, 1 арк. ф. А1. Графічні матеріали, 2 арк. ф. А1. Презентаційний плакат 1 арк. ф. А1.

5. Орієнтовний перелік публікацій: 1 стаття на XV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні»

6. Консультант розділу дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розробка стартап-проекту</i>	<i>Бояринова К.О., д.е.н., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 30 жовтня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів дисертації	Примітка
1	Огляд літератури за темою	30.10.19 – 10.11.19	
2	Розробка математичної моделі об'єкта дослідження	08.11.19 – 16.11.19	
3	Розробка структури системи контролю чистоти НВ	14.11.19 – 20.11.19	
4	Розробка структури БСМ системи. Перевірка на надійність	15.11.19 – 30.11.19	
5	Проведення комп'ютерного експерименту	14.11.19 – 06.12.19	
6	Аналіз отриманих результатів	27.11.19 – 06.12.19	
7	Оформлення МД та її графічної частини	20.11.19 – 05.12.19	
8	Передача МД на перевірку науковому керівнику	06.12.19	
9	Передача матеріалів МД на перевірку виявлення збігів/схожості текстів	09.12.19	
10	Представити МД на рецензію	10.12.19	
11	Представити МД на затвердження зав. кафедри	11.12.19	
12	Передача електронної версії МД до бібліотеки	17.12.19	
13	Представити МД до екзаменаційної комісії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»	18.12.19	

Студент

_____ (підпис)

С. В. Кондратюк

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

М. Д. Гераїмчук

_____ (ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1. СТАН ЗАБРУДНЕННЯ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ.....	9
1.1. Огляд і аналіз стану проблеми моніторингу чистоти невеликих водоймищ.....	9
1.1.1. Об'єкти моніторингу.....	10
1.1.2. Методи моніторингу НВ.....	10
1.1.3. Показники випробувань чистоти води.....	15
1.2. Обзор і аналіз методів забруднення для контролю основних параметрів водоймищ.....	18
1.2.1. Класи чистоти води.....	20
1.2.2. Обзор і аналіз структурних пристроїв.....	21
1.2.3. Огляд сенсорів.....	23
Висновки та рекомендації до розділу 1	28
2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1. Вибір метода вирішення даної моделі.....	29
2.1.1. Мета математичного моделювання.....	30
2.1.2. Класифікація математичних моделей	31
2.1.3. Короткий опис моделей поверхневих вод	34
2.2. Розробка алгоритму дослідження.....	36
2.3. Програмування.....	41
2.4. Розробка та проведення комп'ютерного експерименту	41
3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КОНТРОЛЮ ЧИСТОТИ ВОДОЙМИЩ.....	50
3.1. Датчик рН.....	50
3.2. Датчик температури	52
3.3. Датчик помутніння	54

					МД.ПМ4104.0000.00ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Кондратюк С. В			Комп'ютерно-інтегрована система контролю чистоти невеликих водоймищ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Гераїмчук М. Д.								5	95
Реценз.								ПБФ, ПІ-8Імп, 2 к.			
Н. Контр.											
Затверд.											

3.4.	Датчик провідності	55
3.5.	Модуль ZigBee	56
3.6.	GSM модуль	56
3.7.	Мікроконтролер STM32	57
4.	РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЧИСТОТИ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ	60
5.	РОЗРОБКА БЕЗПРОВІДНОЇ НЕПЕРЕРИВНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ	62
5.1.	Безпроводні протоколи передачі даних	62
5.2.	Топологія мережі	66
5.3.	Структура безпроводної мережі контролю забруднення НВ	68
5.4.	Надійність передачі даних безпроводної мережі	68
5.5.	Аналіз результатів надійності БСМ	72
6.	РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	76
6.1.	Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)	76
6.2.	Технологічний аудит ідеї проекту	79
6.3.	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	80
6.4.	Розроблення ринкової стратегії проекту	86
6.5.	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	88
	ВИСНОВКИ	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АПЗ – Автоматичний Повторний Запит

АЦП – Аналогово-цифровий Перетворювач

БСМ – Безпроводна Сенсорна Мережа

ЗВ – Забруднення Води

КІС – Комп'ютерно-інтегрована Система

МЧВ – Моніторинг Чистоти Води

НВ – Невеликі Водоймища

НС – Навколишнє Середовище

ПВП – Попереднє Виправлення Помилки

СГ – Сільське Господарство

рН – це показник кислотності води

АСК – це пакет даних з універсальним номером

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ні для кого не секрет, що чиста вода є одним з найважливіших ресурсів, оскільки вона задовольняє всі цивілізаційні потреби, а загальна кількість води, присутньої на планеті, залишається постійною на всій планеті [1]. Недостатньо оброблений водний ресурс у високо населених регіонах призводить до скидання токсичних хімічних речовин, зміни клімату, зростання кількості населення, неочищених стічних вод та інших видів діяльності людини. Результатом проблеми дефіциту та наявності є додаткове нерівномірне, нестабільне та нерівномірне розповсюдження води по всій планеті.

Більшість людей у світі використовують забруднену воду з векторними захворюваннями непередбачуваним рівнем різних забруднюючих речовин для приготування їжі та пиття.

Усі країни, що розвиваються, дають воду як основну вимогу для 72% життя населення та особливо сільської місцевості. Забруднене водопостачання погіршило безпеку для людини. Слабкість і спустошення призводять до великих наслідків забрудненої води. Отже, хвороби, перенесені водою, такі як денге, холера та малярія тощо, зменшуються для основних проблем зі здоров'ям. Недостатнє очищення води та санітарії призводить до 70% випадків діареї.

Тому метою даної роботи є розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи контролю чистоти невеликих водоймищ. Для цього необхідно вирішити наступні задачі: виконати аналіз стану проблеми забруднення НВ; визначити параметри контролю чистоти НВ; провести комп'ютерний експеримент з використання MatLad Simulink; виконати аналіз результатів комп'ютерного експерименту; розробити стартап проект.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. СТАН ЗАБРУДНЕННЯ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ

Чистота води в ставках, озерах контролюється як природними процесами, так і впливом людини. Природні фактори, такі як джерело водойми у ставках та типи гірських порід та ґрунту в вододілі ставків, впливатимуть на деякі характеристики чистоти води [1]. Ці фактори важко контролювати, але зазвичай викликають мало проблем. Натомість, найсерйозніші проблеми з чистотою води виникають із використання земель або інших видів діяльності поблизу або у ставках, озерах [1]. Ефекти цих заходів часто можна звести до мінімуму за допомогою правильного управління та раннього виявлення проблем за допомогою тестування [1, 2].

1.1. Огляд і аналіз стану проблеми моніторингу чистоти невеликих водоймищ

Моніторинг чистоти води (МЧВ) – це процес контролю та вимірювання типів забруднюючих речовин у воді, концентрації та тенденції різних забруднюючих речовин, а також оцінки якості води. Діапазон моніторингу дуже широкий, включаючи незабруднені та забруднені природні води (річка, річка, озеро, морські та ґрунтові води) та різноманітні промислові стоки. Основні елементи моніторингу можна розділити на дві категорії: одна - це комплексний показник, що відображає чистоту води, наприклад температуру, колір, помутніння, рН, провідність, зважені тверді речовини, розчинений кисень, потребу в хімічному кисні та біохімічний попит на кисень. Інші - токсичні речовини, такі як фенол, ціанід, миш'як, свинець, хром, кадмій, ртуть та органічні пестициди. З метою об'єктивної оцінки стану річок та чистоти води в океані, крім вищезазначених пунктів моніторингу, іноді вимірюють швидкість течії та витрату [1].

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1. Об'єкти моніторингу

МЧВ охоплює широкий спектр областей, включаючи регулярний моніторинг поверхневих і підземних вод, спостереження за виробництвом та життєвим процесом, а також моніторинг аварійних ситуацій. МЧВ може надати дані та інформацію для управління довкіллям, а також може послужити основою для оцінки чистоти води річок та океанів [1].

1. Поверхневі та підземні води - регулярний моніторинг.
2. Виробничі та життєві процеси - моніторинг спостереження.
3. Моніторинг аварій - моніторинг надзвичайних ситуацій.
4. Для управління довкіллям - надає дані та інформацію.
5. Надає дані та інформацію для наукових досліджень у галузі навколишнього середовища.

1.1.2. Методи моніторингу НВ

В даний час технологія МЧВ досягла швидкого розвитку і в основному використовує технологію фізичного та хімічного моніторингу, включаючи хімічний метод, електрохімічний метод, атомно-абсорбційну спектрофотометрію, іонно-селективний електродний метод, іонну хроматографію. Спосіб, газова хроматографія, плазмовий емісійний спектроскопій (ICP-AES) тощо. Серед них іонно-селективний електродний метод (якісний, кількісний), хімічний метод (гравіметричний метод, метод об'ємного титрування та спектрофотометрія) також широко застосовуються в рутинному МЧВ вдома та за кордоном [1-2]. В останні роки для МЧВ застосовуються також технології біологічного моніторингу та дистанційного зондування.

На рис. 1.1 наведено процес моніторингу та оцінки водних об'єктів, який необхідно розглядати як послідовність взаємозв'язаних операцій.

Цикли моніторингу повинні визначатись і плануватись з розрахунком потрібного продукту і специфіки попереднього компонента ланцюга.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

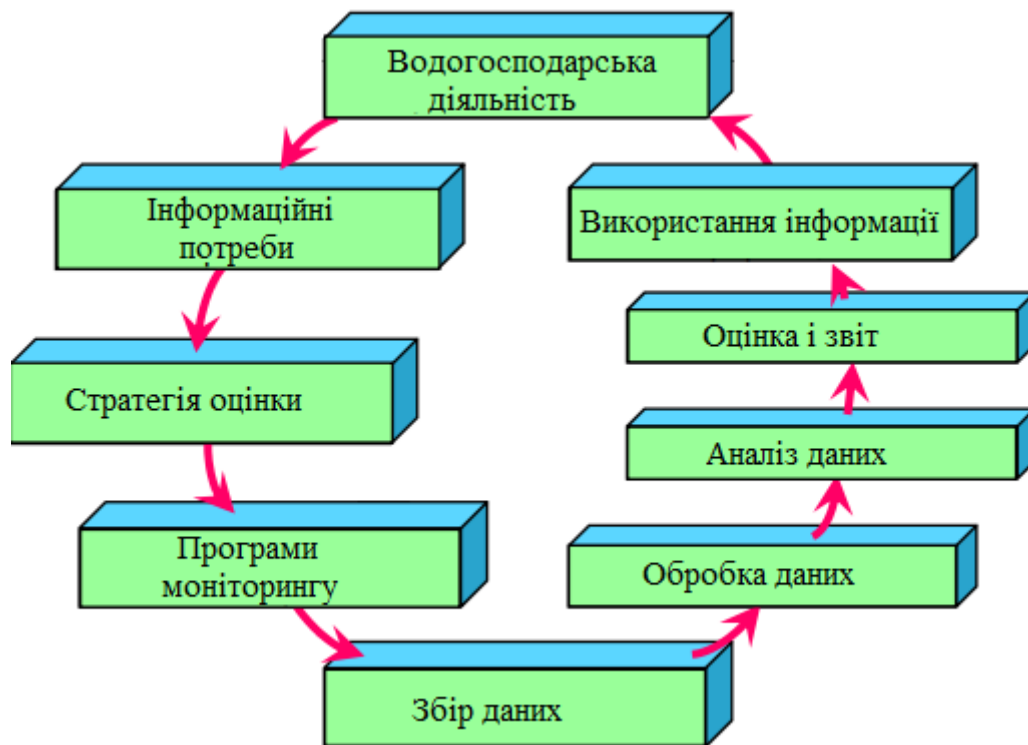


Рисунок 1.1 – Принципи моніторингу і оцінки водних об’єктів

Традиційний фізичний та хімічний моніторинг

При моніторингу чистоти поверхневих вод, оскільки інструменти моніторингу відносно прості, фізичні моніторингові показники часто простіше отримати. Зазвичай використовувані прилади для контролю фізичних показників включають вимірювання помутніння води, фотометричний фотометр для вимірювання хроматичності, вимірювач провідності для вимірювання провідності тощо [2]. На даний момент багатофункціональний МЧВ реалізує одночасне вимірювання декількох предметів. Вплив фізичних показників.

Моніторинг хімічних показників є основою моніторингу поверхневих вод. Звертаючи увагу на моніторинг токсичних органічних забруднюючих речовин, було досягнуто певного прогресу в галузі виявлення та дослідження та розробки приладів. Деякі станції моніторингу запровадили великі та середні лабораторні моніторинги, які можуть бути на місці. Моніторинг важких металів, таких як Zn, Fe, Pb, Cd, Hg, Mn та галогенні елементи, амонієвий азот, нітритний азот, ціанід, феноли, аніонні миючі засоби та Se [3].

Біологічний моніторинг

Біологічний моніторинг є одним із методів моніторингу забруднення води, він використовує реакцію біологічних осіб, населення чи громади на зміни забруднення навколишнього середовища для уточнення стану забруднення навколишнього середовища, який є чутливим, збагаченим, довгостроковим та всеосяжним. В даний час методи біологічного моніторингу, які застосовуються в реальному моніторингу, включають в основному метод біологічного індексу, метод індексу різноманітності видів, метод моніторингу мікробіо-спільноти, тест біологічної токсичності, вимірювання біологічної залишкової токсичності, метод екологічної токсикології тощо. Клітинні водорості, протейсти, донні організми, риби та земноводні [2-3].

Технологія дистанційного моніторингу зондування

Віддалений моніторинг чистоти внутрішніх вод ґрунтується на емпіричному, статистичному аналізі або спектральних характеристиках параметрів чистоти води, підборі даних діапазону дистанційного зондування та даних параметрів чистоти ґрунтової води для математичного аналізу та встановленні алгоритму інверсії параметрів чистоти води [3]. Методи дистанційного зондування чистоти води можуть відображати просторовий та часовий розподіл та зміни чистоти води та знаходити деякі джерела забруднення та характеристики міграції забруднюючих речовин, які важко розкрити звичайними методами, та мають переваги широкого діапазону моніторингу, високої швидкості, низької вартості та простого тривалого динамічного моніторингу.

Оперативний моніторинг

В роботах [1, 2, 3] написано, що найбільшої шкоди екологічному стану водних об'єктів, економіці водокористувачів завдають аварійні та залпові, а також нелегальні скиди забруднених стічних вод. Несвоєчасне виявлення екстремальних ситуацій, неоперативність обстеження та прогнозування

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщення зони забруднення перешкоджають прийняттю термінових водоохоронних заходів і керуючих впливів і призводять до істотних економічних і екологічних втрат.

В роботі [4] зазначено те, що щоб швидко виявити небезпечні ситуації забруднення, викликаних аварійним забрудненням водних об'єктів, призначені оперативні спостереження, що проводяться з цілями [4]:

- своєчасного виявлення змін стану водних об'єктів, які можуть призвести до істотного економічного та екологічного збитку;
- попереднього визначення масштабів змін, причини їх виникнення та можливих наслідків;
- видачі оперативної інформації про небезпечне явище і рекомендацій щодо оперативних заходів, спрямованих на захист водної екосистеми.

Одержувана мережею режимного моніторингу інформація про ступінь і характер забруднення водних об'єктів охоплює лише невелику частину ЗВ, що надходять зі стоками з розподілених і зосереджених джерел [4]. Слід враховувати, що час, необхідний для відбору проби, її транспортування, аналізу стаціонарної лабораторії, значно перевищує терміни проходження небезпечного явища на водному об'єкті, викликаний аварійним скиданням забруднених стічних вод. Існує також фактор запізнювання початку обстеження (декілька діб), так, коли єдиною ознакою небезпечного явища було виявлення загиблої риби, період запізнювання міг бути ще більшим, оскільки, наприклад, загиблі осетрові риби спливають на поверхню через 7-10 діб [4]. В такому випадку ідентифікація джерела забруднення вкрай скрутна і можлива лише при наявності аварійного скидання протягом тривалого часу.

Складність організації оперативного моніторингу ускладнюється виникненням різноманітних за місцем і часом небезпечних ситуацій, великою різноманітністю причин і композицій ЗВ, стислістю часу викиду.

Короткоіснуючі ЗВ поверхневих вод з високою концентрацією, що викликають суттєві зміни в стані екосистем, зазвичай приурочені до районів з

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

інтенсивним антропогенним навантаженням [4]. Це і визначає доцільність першочергової організації оперативного моніторингу саме в таких районах.

Здавалося б, засоби дистанційних спостережень дозволяють оперативно виявити аварійне забруднення та ідентифікувати джерело впливу. Однак не будь-яка зміна стану водного об'єкта, викликана аварійною ситуацією, може бути розшифрована засобами дистанційної ланки [3,4]. Тому факт аварійної ситуації слід виявляти і засобами контактних спостережень. Екстреність отримання інформації значно зростає при використанні автоматичних станцій контролю (багатопараметрових аналізаторів), що встановлюються на водних об'єктах у місцях ймовірного прояву аварійних ситуацій та здійснюють в автоматичному режимі за заданою періодичністю постійний контроль параметрів фізичних властивостей і хімічного складу [4]. Хоча, звичайно, контактні методи в порівнянні з дистанційними володіють значно меншими можливостями оперативного встановлення розмірів зони забруднення.

Найменш оперативним способом отримання сигналу про виникнення небезпечної ситуації на водному об'єкті є попередження від підприємств, санітарних і рибінспекцій, окремих громадян.

Особливої уваги заслуговують трасерні методи, засновані на спеціальному способі мічення флуоресцентними трасерами-маркерами ЗВ стічних вод, що надходять під час аварії в воду, простота і економічність, висока чутливість (виявлення трасера можливо при розведенні до 10¹³ разів) і експресність — ось головні переваги цих методів. Найбільш перспективним є лазерне зондування з борту повітряної станції спостережень або судна. Однак ефективне використання трасерів можливо при контролі скидів лише великих зосереджених джерел забруднення і практично не застосовується для контролю розосереджених джерел [4].

В системі оперативного моніторингу особливого значення набувають тест-методи визначення пріоритетних ЗВ на рівні високих (> 10 ГДК) концентрацій на основі доступних в польових умовах засобів і прийомів, наприклад, індикаторних паперів, візуальної колориметрії, іонометрії [4].

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.3. Показники випробувань чистоти води

В роботах [4, 5], виділяють наступні основні показники:

1. Хром: Коли колір питної води більший за 15 градусів, більшість людей може виявити його, коли він перевищує 30 градусів, люди відчують огиду. Стандарт уточнює, що колір питної води не повинен перевищувати 15 градусів.

2. Помутніння: це вираження оптичних властивостей зразків води, використовується для позначення чіткості та помутніння води. Це один з найважливіших показників для вимірювання доброти чистоти води, а також оцінки ефективності очищення обладнання для очищення води та оцінки очищення води. Важлива основа технічного стану. Зниження помутніння означає, що вміст мікроорганізмів, таких як органічна речовина, бактерії та віруси у водоймі, знижується, що не тільки покращує ефект дезінфекції та стерилізації, але й зменшує кількість галогенованих органічних речовин [4].

3. Запах та смак: запах води - це головним чином наявність органічних речовин, може спричинятися підвищеною біологічною активністю або промисловим забрудненням. Зміна нормального запаху водопостачання населення може бути ознакою зміни якості сирової води або недостатньо очищеної води.

4. Видно неозброєним оком: в основному стосується частинок або інших зважених речовин, які присутні у воді і можуть спостерігатися неозброєним оком.

5. Залишковий хлор: Залишковий хлор означає кількість хлору, що залишився у воді після хлорування та хлорування протягом певного періоду часу. Безперервна бактерицидна здатність у воді може запобігти самозабрудненню водопроводу та забезпечити чистоту води водопроводу.

6. Хімічна потреба в кисні: відноситься до кількості кисню, необхідного хімічним окислювачам для окислення органічних забруднювачів у воді. Чим більша потреба в хімічному кисні, тим більше органічних забруднювачів у

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

воді. Органічні забруднювачі у воді в основному отримують від скиду побутових стічних вод або промислових стічних вод.

7. Всього бактерій: Бактерії, що містяться у воді, виводяться з повітря, ґрунту, стічних вод, сміття, тварин і рослин. Типи бактерій у воді різні, включаючи патогенні бактерії.

8. Загальна група кишкової палички: це індикатор бактерій для фекальних забруднень, а стан, виявлений у ній, може вказувати на те чи є у воді будь-яке фекальне забруднення та рівень його забруднення. У процесі очищення води після дезінфекційної обробки загальний показник коліформ може відповідати вимогам норм питної води, що свідчить про те, що інші хвороботворні мікроби в основному гинуть. Більш детальні параметри чистоти води наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Параметри чистоти води

Параметри	Одиниці	Зауваження до тесту	Вимоги	Методи
Фізичні та хімічні:				
· Колір	Pt. Со шкала	3	15	Колориметричний
· Запах	Pt. Со шкала	негативний	без запаху	Органолептичний
· РН	Pt. Со шкала	6.50	6,5-8,5	Електрометричні
· Смак	Pt. Со шкала	нормальний	не нормальний	Органолептичний
· Помутніння	ФТУ	1	5	Помутніння
· Алюміній	мг / л	нижче 0,20	0,2	ААС
· Мідь	мг / л	нижче 0,03	1,0	ААС
· Залізо Всього	мг / л	нижче 0,04	0,3	ААС
· Марганець	мг / л	0,06	0,1	ААС
· Натрій	мг / л	96,93	200	ААС

· Цинк	мг / л	0,047	5	ААС
· Хлорид	мг / л	140,41	250	Аргентометричний
· Флорид	мг / л	0,09	1.5	Колориметричний
· Нітрати	мг / л	нижче 0,11	10	Колориметричний
· Нітрити	мг / л	0,96	1	Колориметричний
· Сульфат	мг / л	нижче 0,94	400	Турбідиметричний
· Миш'як	мг / л	нижче 0,001	0,05	ААС
· Барій	мг / л	нижче 0,10	1	ААС
· Кадмій	мг / л	нижче 0,005	0,005	ААС
· Ціанід	мг / л	нижче 0,01	0,1	Колориметричний
· Хром шестивалентний	мг / л	нижче 0,006	0,05	Колориметричний
· Ведучий	мг / л	нижче 0,01	0,05	ААС
· Ртуть	мг / л	нижче 0,001	0,001	ААС
· Селен	мг / л	нижче 0,007	0,01	ААС
· Органічна речовина за KMnO ₄	мг / л	3.06	10	Перманганантометр ичний
· Розчинена тверда речовина	мг / л	431	1000	Гравіметричний
· Сірководень як H ₂ S	мг / л	нижче 0,01	0,05	Колориметричний
· Повна твердість	мг CaCO ₃	95.49	500	ААС

Бактеріологічні:

· Всього бактерій	на мл	6,9 x 10 ²	1,0 x 10 ²	-
· Коліформ	на 100 мл	нуль	нуль	Фільтрація
Сальмонела	на 100 мл	негативний	негативний	Фільтрація

1.2. Обзор і аналіз методів забруднення для контролю основних параметрів водоймищ

Що таке чистота води? Чистоту води можна визначити як фізичні, хімічні та біологічні характеристики води, як правило, щодо її придатності для призначеного використання [4]. Як ми всі знаємо, вода має багато видів, наприклад, для відпочинку, пиття, рибальства, СГ та промисловості. Кожне з цих призначень має різні визначені хімічні, фізичні та біологічні стандарти, необхідні для підтримки цього використання [4]. Наприклад, ми очікуємо більш високих стандартів для води, яку ми п'ємо та купаємо, порівняно з такою, яка використовується у СГ та промисловості.

Що таке аналіз чистоти води? Стандарти чистоти води запроваджуються для забезпечення ефективного використання води для визначених цілей [5]. Аналіз чистоти води полягає у вимірюванні необхідних параметрів води, дотримуючись стандартних методів, для перевірки відповідності їх стандарту [4].

Чому потрібен аналіз чистоти води? Аналіз чистоти води необхідний в основному для моніторингу. Певне значення такої оцінки включає [5]:

1. Перевірити, чи відповідає якість води стандартам, а отже, підходить чи ні для призначеного використання.
2. Контролювати ефективність роботи системи для забезпечення чистоти води
3. Перевірити, чи потрібна оновлення / зміна існуючої системи, і вирішити, які зміни мають відбутися.
4. Контролювати, чи відповідає чистота води правилам та нормам.

Так як, цивілізація не стоїть на місці (розвиваються підприємства і т. д.) виникає ряд забруднювачів водоймищ. Забруднення різних водоймищ розділяється на фізичне, хімічне, біологічне і теплове.

Фізичне забруднення - це потрапляння викинутих матеріалів у навколишнє середовище. Фізичне забруднення - це те, що можна назвати сміттям і є прямим

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

результатом людських дій. Іншими словами, природа не створює фізичного забруднення, оскільки в природних системах всі побічні продукти або відходи зрештою переробляються назад у навколишнє середовище. Наприклад, в природі повалене дерево деградує і з часом поверне поживні речовини в ґрунт. [5].

Хімічне забруднення - ще один вид забруднення. Він визначається як потрапляння хімічних речовин у навколишнє середовище. Хімічні речовини не можна побачити неозброєним оком, але вони можуть спричинити проблеми у всіх районах навколишнього середовища, від повітря, яке ми дихаємо, до прісної води, яку ми п'ємо, до ґрунту, який ми використовуємо для вирощування сільськогосподарських культур. Сільськогосподарська практика є одним із прикладів джерела хімічного забруднення. Пестициди, що застосовуються для боротьби з комахами та добривами, які використовуються для підвищення родючості ґрунту, містять азот, фосфор та інші хімічні речовини [5]. Ці хімічні речовини можуть бігти з поля фермера і потрапляти у водні шляхи. Азот і фосфор запліднюють крихітне рослинне життя у воді, викликаючи швидкий ріст і, зрештою, виснаження рівня кисню у воді до того моменту, коли риба та інші види життя не можуть вижити. Хімічне забруднення пестицидами та добривами також може забруднити ґрунт, якщо використовувати його в надлишку. Інші джерела забруднення ґрунту включають витікання хімічних речовин із шахт та сміттєзвалищ [5].

Хімічне забруднення також спостерігається у повітрі. Спалювання викопного палива, наприклад вугілля, нафти та природного газу, виділяє хімічні забруднювачі в атмосферу. Ці викопні види палива можуть використовуватися на нашому транспортному засобі або в комунальних підприємствах або галузях промисловості. Ці хімічні забруднювачі називаються парниковими газами, які є газами в атмосфері, які поглинають інфрачервоне випромінювання та пасткове тепло. [5].

Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні плівку, що перешкоджає газообмінові між водою і атмосферою і знижує вміст кисню у воді; 1 т нафти здатна розпливитися на 12 км²

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні води. Осідаючи на дно, згустки мазуту вбивають донні мікроорганізми, що беруть участь у самоочищенні води. Гниття донних осадків, забруднених органічними сполуками, продукує в воду отруйні сполуки, зокрема сірководень, що забруднює воду в річці чи озері [5].

Біологічне забруднення - це переміщення живих організмів, випадково чи навмисно, з тих місць, де вони еволюціонували, до нових середовищ, де брак природних ворогів дозволяє населенню вибухати [5]. Ці організми, які іноді називають інвазивними екзотичними шкідниками, загрожують нашим урожаям, нашим лісам і, можливо, навіть самому існуванню. Біологічні забруднювачі, як і хімічні забруднювачі, є тут через діяльність людини. Але на відміну від хімічних забруднювачів, біологічні забруднювачі законодавством не можуть бути зменшені чи проводитись запобіжні заходи. Після ввезення біологічних забруднювачів вони ростуть, пристосовуються, розмножуються та поширюються самостійно, якщо не будуть вжиті прямі, енергійні та часто дорогі дії для їх припинення [5].

Теплове забруднення - це погіршення чистоти води будь-яким процесом, який змінює температуру навколишньої води. Поширеною причиною теплового забруднення є використання води як теплоносія електростанціями та промисловими виробниками [5]. Термін теплове забруднення застосовується для позначення згубних наслідків нагрівання стоків, що нагріваються різними електростанціями. Він позначає погіршення якості та погіршення стану водного та наземного середовища різними промисловими установками, такими як теплові, атомні, ядерні, вугільні установки, генератори нафтових родовищ, фабрики та млини [5]. Джерелами є: Атомна електростанція, електростанція на вугіллі, промислові стоки, побутова каналізація, гідроелектрична потужність, тепла електростанція.

1.2.1. Класи чистоти води

Для розуміння «чистота води» - це така характеристика, яка визначає рівень забрудненості води. Щонайменше їх можна розділити на 5 класів.

У роботі [6] якраз таки наведено кожен із 5 класів чистоти води.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I-ий клас: дуже чиста вода, вона містить невелику концентрацію біогенних елементів, прозора, холодна та добре насичена киснем. Вода подібної якості в Україні, зазвичай, буває лише у гірських річках та озерах, там, де вплив людини на природу ще порівняно малий [6].

II-ий клас: вода чиста, у ній збільшується кількість біогенних елементів, через що у водоймі спостерігається багато моллюсків, водоростей, личинок комах тощо. Вода такої якості притаманна природним водоймищам, у які не потрапляють стоки комунальних підприємств, промислових об'єктів та сільськогосподарських комплексів [6].

III-ий клас: вода забруднена. Тут відмічається збільшений вміст оргречовини, біогенних елементів, внаслідок чого зростає біопродуктивність водоймищ [6]. Це проявляється у посиленому розвитку різноманітних водних рослин та виникненню такого явища, як цвітіння води за рахунок масового розвитку в ній мікроскопічних водоростей. Води цього класу характерні для озер та річок, у які в незначній кількості потрапляють комунальні стоки та стоки тваринницьких ферм, цукрових заводів тощо [6].

IV-ий клас: вода брудна. Вода з замуленими водоймищами, поганим кисневим обміном, надзвичайно низькою прозорістю води та явищами задухи. Накопичення органічної речовини у донних відкладах супроводжується утворенням сірководню та метану, які справляють токсичну дію на безхребетних та риб. Вода подібної якості спостерігається у водоймах, до яких регулярно та у значній кількості потрапляють промислово-комунальні стічні води або стоки сільськогосподарських підприємств [6].

V-ий клас: вода дуже брудна. Визначається у водоймищах, де низька концентрація розчиненого кисню (менше 10%), відбуваються процеси гниття, а також містяться високі концентрації сірководню у донних відкладах [6].

1.2.2. Обзор і аналіз структурних пристроїв

Залежно від призначення прилади автоматичного контролю чистоти води діляться на прилади чи пристрої для стаціонарних лабораторій, пересувних лабораторій та для роботи в польових умовах [7].

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Прилади, що переносяться в основному для отримання інформації в різних ділянках річок, водоймищ та ін. В польових умовах, з берега водойми, борту човна, берегових споруд. Дані, які ми отримуємо дозволяють прийняти швидкі рішення щодо усунення шкідливих впливів на район, що контролюється водокористування і проводити необхідні заходи [7].

Нижче наведено деякі прилади контролю чистоти водоймищ.



Рисунок 1.2 – MSR POOL K 400 CL-ph-Rx-T Рисунок 1.3 – Bermuda MSR

Вимірювально-регулюючі станції, які контролюють вміст вільного хлору, рівень pH, Redox і температуру

Технічні характеристики Bermuda MSR [7]:

- Вимірювані значення: 2,00-12,00 pH; 0,00-3,00 / 10 ml / l Cl; 0 - +1000 mV; 0-50,0 ° C
- Мінімальний проток - 33l / h
- Максимальний тиск - 4 bar
- Релейні виходи: 3 вільних контакту 6A / 230V
- Релейні виходи аварійного сигналу: 2 вільних контакти 6A / 230V

Технічні характеристики MSR POOL K 400 CL-ph-Rx-T [7]:

- Вимірювані значення: 0,00-14,00 pH; 0,00-4,00 ml / l Cl; -1500 - +1500 mV; -30,0-140,0 ° C
- Мінімальний проток – 30 l / h

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Максимальний тиск - 3 bar
- Максимальна потужність насоса 5 l / h при 2bar
- Релейні виходи: 3 вільних контакту 6A / 230V
- Релейний вихід аварійного сигналу: 1 вільний контакт 6A / 230V

1.2.3. Огляд сенсорів

Ph sensor

Найважливіший параметр води - рН. Він вказує на лужність або кислотність зразка. Значення рН вимірюється в шкалі від нуля до чотирнадцяти, а значення температури знаходиться між нулем та вісімдесятьма градусами Цельсія.

Типовий сучасний рН-sensor - це комбінований електрод, який поєднує в собі і скляний, і контрольний електроди. Комбінований електрод складається з наступних частин (див. рис. 1.4) []:

1. Чутливу частину електрода, колбу, виготовлену з певного скла
2. Внутрішній електрод, як правило, хлорид срібла електрод або каломельний електрод
3. Внутрішній розчин, зазвичай $\text{pH} = 7$ забуферений розчин 0,1 моль / л KCl для pH електродів або 0,1 моль / л mCl для електродів rm
4. При використанні хлоридного срібла електрода невелика кількість AgCl може осадити всередині скляного електрода
5. Електрод відліку, як правило, того ж типу, що і 2
6. Еталонний внутрішній розчин, як правило, 0,1 моль / л KCl
7. З'єднання з досліджуванним розчином, як правило, виготовляється з кераміки або капіляра з азбестом або кварцовим волокном.
8. Корпус електрода, виготовлений з непровідного скла або пластмаси.

Дно електрода з рН-кулькою виходить в круглу тонку скляну колбу. Електрод з рН найкраще розглядати як пробірку в трубці. Внутрішня пробірка містить незмінний 1×10^{-7} моль / л розчину HCl . Також всередині внутрішньої трубки знаходиться катодний кінець опорного зонда. Анодний кінець обертається навколо зовнішньої сторони внутрішньої трубки і закінчується

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

таким же еталонним зондом, що був на внутрішній стороні внутрішньої трубки. Він наповнюється еталонним розчином KCl і контактує з розчином на зовнішній стороні рН-зонда за допомогою пористої пробки, яка служить сольовим мостом [1].

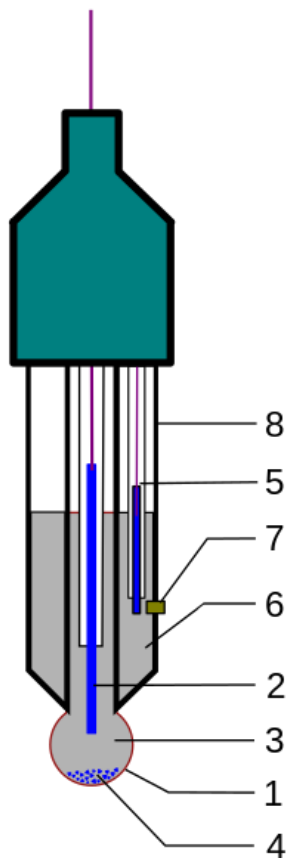


Рисунок 1.4 – Схема комбінованого електрода

На рис. 1.4 представлено рН-метр ПАИС-02рН.



Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд аналізатора активності іонів кисню ПАИС-02рН

1 - вимірювальний пристрій ПАИС-02pH, 2 - клавіатура, 3 - клавіша «Вкл / Викл», 4 - графічний дисплей, 5 - клавіша включення / виключення підсвітки, 6 - блок сенсорів, 7 – блок для рідини.

pH-метр ПАИС-02pH працює під управлінням мікроконтролером і має простий і зручний для користувача програмний інтерфейс [8]. Більш великий графічний дисплей і клавіатура з восьми клавіш дозволяють користувачеві керувати робочим аналізатором, використовуючи різні види налаштувань і калібровок, записувати і виводити інформацію про дисплей аналізатора ПАИС-02pH, комп'ютер і ін. зовнішні пристрої [8]. Включення (виключення) аналізатор здійснює натиснення на клавіші (3) і використовує її в нажатому стані протягом 3-4 сек. Включення підсвітки дисплея на 30 секунд виконується за допомогою клавіш (5). Для збільшення часу дії підсвітки до 3 хв. необхідно натиснути клавішу переміщення курсору «вліво», або «зверху» [8].

Управління робочим аналізатором активних іонів кисню ПАИС-02pH проводить для вибору необхідних опцій у меню та відмови від питань, вивішуючи на дисплеї, з підтримкою двох клавіш «Да» (Ввод) та «Відміна» (Сброс) [8]. Функція інших чотирьох класів - це переспівування курсору на дисплеї аналізатора або встановлення введених цифр шляхом їх перебору в більшу або меншу сторону [8]. Алгоритм управління побудований таким чином, що аналізатор «веде» оператора, виключає можливі помилки в його роботі [8].

Датчик температури DS18B20

Цифровий датчик температури DS18B20 забезпечує 9-розрядний вимірювання температури 12-бітного за Цельсієм і має функцію тривоги з енергонезалежними програмованими користувачами, верхніми та нижніми тригерними точками [9]. DS18B20 зв'язується через 1-провідну шину, яка за визначенням вимагає лише однієї лінії даних для зв'язку з центральним мікропроцесором. Крім того, DS18B20 може отримувати живлення безпосередньо від лінії передачі даних ("паразитна потужність"), виключаючи потребу в зовнішньому джерелі живлення. Кожен DS18B20 має унікальний 64-розрядний серійний код, який дозволяє декільком DS18B20s функціонувати на

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1-Wirebus [9]. Таким чином, просто використовувати один мікропроцесор для управління багатьма DS18B20, розподіленими на великій площі [9]. Програми, які можуть скористатися цією функцією, включають екологічний контроль ОВК, системи моніторингу температури всередині будинків, обладнання чи машин, а також системи контролю та управління процесами [9].



Рисунок 1.6 – Датчик температури DS18B20

Датчик витрати води YF-S201

Датчик витрати води має пластиковий корпус клапана, а всередині клапана - ротор води та датчик ефекту Холла. Коли вода протікає через ротор, ротор котиться. Її швидкість змінюється з різною швидкістю потоку [10]. Датчик Хол-ефекту видає відповідний імпульсний сигнал. Ця модель (YF – S201) працює з напругою від 5 В до 18 і може переносити швидкість води до 2 мпа [10]. У кожному імпульсі 450 літрів вода проходить через клапан і формула для розрахунку швидкості потоку: Частота (Гц) = $7,5 * \text{витрата (л / хв)}$. Його швидкість робочого потоку становить від 1 до 30 літрів на хвилину. Рис. 1.7 ілюструє датчик YF-S201.



Рисунок 1.7 – Датчик витрати води YF-S201

Датчик мутності води

Датчик мутності виявляє воду на якості шляху вимірювання, на рівнях каламутності, або непрозорості. Він використовує світло для виявлення зважених часток у воді шляхом вимірювання пропускання світла і швидкості розсіювання, яка змінюється з кількістю від загальної кількості зважених твердих речовин (ТСС) у воді [11]. Зі збільшенням рівня ТТС рівень помутніння рідини збільшується. Датчики помутніння використовуються для вимірювання чистоти води в річках і потоках, вимірювання стічних вод та стоків, контрольних приладів для осідання водойм, досліджень транспорту осаду та лабораторних вимірювань [11]. Цей датчик забезпечує аналоговий та цифровий режими виходу сигналу. Поріг регулюється в режимі цифрового сигналу. Ви можете вибрати режим відповідно до свого MCU. На рис. 1.8. наведено цей датчик.

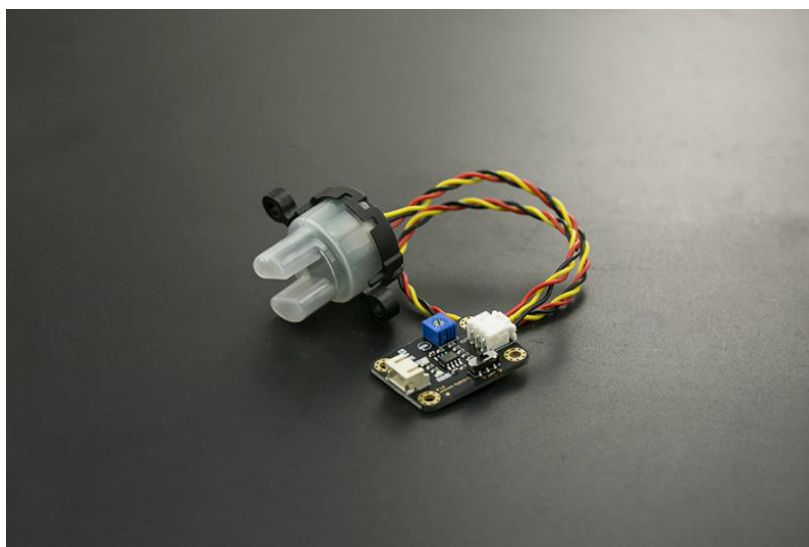


Рисунок 1.8 – Датчик мутності води

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Висновки та рекомендації до розділу 1

У цьому розділі було оглянуто і проаналізовано стан забруднення НВ. Для удосконалення методів контролю чистоти НВ потрібно знати про характеристики води у цих НВ, так як різних місцях вони різні. Визначення цих характеристик дозволить проаналізувати стан забруднення. Оцінювання таких характеристик води дозволить підібрати шляхи вирішення забруднення вод. Тому було оглянуто методи для очищення води.

Також оглянуто структурні пристрої, сенсори, які вже використовуються у даній сфері, щоб підібрати, розробити, удосконалити їх для своєї системи. В наступному розділі описані сенсори і пристрої, використані для своєї системи.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Окрім впливу на господарську діяльність людини, сучасний стан якості водоймищ залежить також від природних явищ. Чистота води в озерах і дамбах постійно зазнає деградації, спричиненої природними процесами внаслідок евтрофікації та внаслідок антропогенних причин. З іншої сторони, різноманітність потреб та пріоритетів, за якими оцінюються водоймища, надзвичайна. Зони діяльності, які враховуються, включають водопостачання домогосподарств, СГ, транспорту, гідроенергетики, рибного господарства, рекреації та боротьби з повеневими хвилями [12].

Тому кількість води в річках, озерах та водоймах слід оцінювати суворо, залежно від пріоритетних потреб конкретного випадку, що розглядається. Трактуючи збереження води в цілому, слід підкреслити, що лише близько 50% навантаження на біогенне забруднення відбувається з точкових джерел (N, P). Решта 50% надходять з розсіяних джерел. Тому навіть відмінна каналізація може не допустити деградації чутливих приймачів. Масштаб проблеми відображається, напр. ціаноз цвіте водою. Ця проблема стосується насамперед евтрофізованих (багатих поживними речовинами) озер та водойм. Багатогранне використання водойм можливе лише за умови збереження екологічних значень їх геосистем, особливо хорошої чистоти води. Ця чистота впливає з умов навколишнього середовища та способу розробки ділянок для обслуговування водовідведення. Виявлення взаємозв'язків та взаємодій у дренажному басейні-водосховищі допомагає вказати оптимальні форми використання земель, викликаючи захист накопичених водних ресурсів [12].

2.1. Вибір метода вирішення даної моделі

У роботі [12] автор описує те, що одним із інструментів, що застосовуються для вирішення проблем забруднення поверхневих вод, є моделювання змін, що відбуваються в озерних водах та пов'язані з цим зміни якості води. Така модель може бути використана для прогнозування якості води з урахуванням змін, що

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

впливають на фактори якості води або зміни їх інтенсивності. Точність екологічної оцінки за допомогою моделей залежить від розуміння процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі і далі відповідний вибір математичних рівнянь, які їх описують. З іншого боку, це залежить від наявних наборів даних, а саме результатів вимірювання показників якості води, на яких базується оцінка параметрів та коефіцієнтів моделі [12]. В останні роки методи комп'ютерного моделювання набувають популярності в наукових дослідженнях, особливо, що стосується досліджень водного середовища. Методи комп'ютерного аналізу стали самостійною галуззю досліджень, що суттєво збільшує дослідницькі можливості сучасних екоінженерів [13].

2.1.1. Мета математичного моделювання

Метою моделювання чистоти НВ є побудова математичної моделі потоку (проточної води) або резервуара для води (стоячої води), що дозволяє відстежувати зміни чистоти води, залежні від змінних початкових і граничних умов моделювання. Застосування моделювання для вирішення завдань, пов'язаних з якістю води, що дозволяє аналізувати явища і знаходити залежності між ними, а також намагатися прогнозувати і кількісно оцінювати наслідки змін у водному середовищі. Найбільш поширені види використання моделей якості поверхневих вод включають [12,13]:

а) розташування площинних джерел забруднення, встановлення лімітів (добових, місячних, річних) навантаження забруднюючих речовин для існуючих точкових джерел забруднення;

б) планування розташування водозаборів і водовипусків, що випускають попередньо оброблену воду в стічні води з очисних споруд,

в) розташування сегментів потоку або глибина залягання водосховищ, у яких є несприятливі чи навіть небезпечні екологічні умови для живих організмів, зумовлені забрудненням води, що перешкоджають правильному функціонуванню водних і водно-земельних екосистем,

г) охорона водотоків, призначених для розміщення джерел питної води,

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

д) встановлення причин погіршення чистоти води на даному сегменті водойми;

е) прогнозування змін якості води шляхом моделювання розвитку різних варіантів водозбірною басейну;

ж) вибір оптимальної стратегії сталого розвитку дренажу басейну.

З перерахованих вище питань вони найчастіше піддаються аналізу, що призводить до визначення екологічних загроз водних ресурсів району, пов'язаних з такими явищами, як дефіцит кисню, евтрофікація, підкислення, забруднення токсичними речовинами (синтетичні органічні сполуки, важкі метали), солоність і погіршення санітарних умов [13].

Математичне моделювання є відносно молодою галуззю науки, тому не так давно для досягнення екологічних цілей такого типу була підготовлена конкретна математична модель для кожного потоку, що було дуже трудомістко і дорого. В даний час ця практика припинена, і замість неї використовуються існуючі математичні модулі, які в залежності від потреб і характеристик водотоку піддаються необхідним модифікаціям [12].

2.1.2. Класифікація математичних моделей

Найбільш загальний поділ програмних модулів, що використовуються для моделювання процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, включає [12]:

а) фізичні моделі (лабораторія),

б) математичні моделі, включаючи:

- аналітичні моделі - засновані на точних рішеннях фізико-математичних рівнянь,

- числові моделі - з використанням приблизних рішень.

Залежно від складності моделей комп'ютерного моделювання чистоти поверхневих вод їх можна розділити на три групи:

- одновимірні моделі (1D), найпростіші та найчастіше використовувані моделі аналізу якості річкових вод, що передбачає, що значні зміни параметрів,

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які визначають чистоту води, відбуваються лише уздовж поздовжнього профілю водотоку.

Одновимірною моделлю припливу-відтоку заснована на вимірюванні концентраційних навантажень параметрів води, що впадають і виходять. Виходячи з цього, обчислюються зміни концентрацій усіх параметрів. Одновимірні моделі не призначені для обчислення зміни концентрації в той час, тому не можна отримати інформацію про конкретні погодинні, добові та місячні параметри чистоти води. Ці програми не описують складних хімічних, фізичних та біологічних реакцій у водоймах, які є важливим фактором, що регулює зміни параметрів чистоти води. Перевага цих програм полягає у тому, що їх можна швидко застосувати до будь-якої іншої води в резервуарі без попереднього калібрування та з невеликою доступною базою даних про вимірювання [12],

- двовимірні моделі (2D), які припускають, що значні зміни якості води відбуваються не тільки уздовж, але й у поздовжньому профілі водотоку, і тому необхідно аналізувати чистоту води на різних глибинах. Двовимірні моделі застосовуються найчастіше у випадку озер, водойм чи глибоких річок і вимагають більше даних і більше аналітичного досвіду користувача, ніж одновимірні моделі. Вони вимагають ретельного калібрування і чутливі до змін багатьох параметрів якості води. Кінцевим результатом цих програм є прогноз параметрів чистоти води, близький до вимірювань фактичних концентрацій. Оцінка окремих параметрів може бути виконана для заданих інтервалів часу, тобто години, дня, тижня, місяця та року [12],

- тривимірні моделі (3D), які вивчають просторовий розподіл концентрацій модельованих параметрів чистоти води. Тривимірні моделі використовуються для імітації змін чистоти води в морських затоках, озерах, дамбах і глибоких річках; вони вимагають величезної кількості даних та великий аналітичний досвід від користувача. Вони найчастіше використовуються через велику складність аналізованих питань [12].

Як і в інших сферах навколишнього середовища, для комп'ютерного моделювання питань чистоти поверхневих вод необхідний багатопрофільний

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

підхід, в якому математичні методи та сучасні комп'ютерні технології застосовуються одночасно з основними прийомами в галузі екологічної інженерії. Це стосується опису фізичних явищ, пов'язаних з утворенням забруднюючих речовин, їх розподілом та змінами, що відбуваються у водному середовищі, а також застосуванням обчислювальних методів моделі, аналізу небезпеки або контролю якості води в конкретних випадках [13]. З точки зору додатків, кінцева мета моделі полягає у використанні її як допоміжного інструменту для моніторингу та прогнозування чистоти поверхневих вод, а також під час планування рішень. Через масштаби та просторовий масштаб розглядаються кілька категорій моделей [12, 13]:

а) Оперативні моделі - як правило, пов'язані з короткостроковим прогнозуванням і використовуються для контролю в реальному часі водоєм або витрати води з метою підтримання встановлених параметрів. Такі моделі вимагають автоматичного введення поточних вхідних даних.

б) Тактичні моделі - пов'язані з використанням оперативного прийняття рішень при вживанні тактичних дій, в яких взаємозв'язки типу «вхідний вихід» між ключовими параметрами системи є життєво важливими. Часовий горизонт цього типу аналізу охоплює період пари тижнів чи навіть сезон у випадку контролю чистоти води в річці. З точки зору інструментів, які використовуються в тактичній моделі, використовується стійкий аналіз та кількісні економічні та екологічні інструменти найчастіше.

в) Стратегічні моделі - відносяться до більш тривалого часового горизонту, де можна аналізувати прогнозування або планувати стан довкілля як прогноз поточного стану з урахуванням усіх відповідних тенденцій. Цей тип моделювання базується на аналізі результатів комп'ютерного моделювання різних сценаріїв та аналізі його ефективності.

г) Моделі спрямованості - стосуються довгострокових прогнозів, пов'язаних зі структурними змінами, випробування можливості сталого розвитку та еволюції всієї системи.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3. Короткий опис моделей поверхневих вод

Модель **CE-QUAL-W2 2D** - це чистота води та гідродинамічна модель в 2D (поздовжньо-вертикальна) для річок, лиманів, озер, водосховищ та річкових басейнів. Це двовимірний модель чистоти води і гідродинамічний код, підтримуваний станцією дослідів водних шляхів USACE [14]. Ця модель широко застосовується в стратифікованих системах поверхневих вод, таких як озера, водойми, лимани та обчислює рівень води, горизонтальні та вертикальні швидкості, температура та більше 20 інших параметрів чистоти води (наприклад, розчинений кисень, поживні речовини, органічні речовини, водорості, рН, карбонатний цикл, бактерії та розчинені тверді речовини).

Модель **COASTOX**, ця модель була розроблена в Центрі кібернетики, м. Київ [15] для імітації транспорту та дисперсії забруднюючих речовин у дніпровських водосховищах та на річці Прип'ять. Вона містить підмоделі транспорту радіонуклідів, подібні до тих, що використовуються у FETRA. Модель включає транспорт вітру, транспорт за допомогою адвекційно-дифузійної та радіонуклідної взаємодії. Вона розглядає динаміку донних відкладень та описує швидкість осадження та ресуспендування, як функцію різниці між фактичною та рівноважною концентрацією зваженої речовини залежно від транспортної здатності потоку.

Модель **DELFT 3D** - це повна прибережна гідродинамічна система моделювання, здатна імітувати гідродинамічні процеси за рахунок хвиль, припливів, річок, вітрів та прибережних течій. Це система тривимірний, програми розрахунків, розроблені Delft Hydraulics. Delft 3D - це програмний пакет, який розроблявся насамперед як додаток, орієнтований на витрату води та чистоту. Пакет складається з декількох модулів, які з'єднані разом, щоб забезпечити повну картину тривимірного потоку, поверхневих хвиль, якості води, екології, транспорт осаду та морфології дна в складних, прибережних районах. Система моделювання включає гідродинамічний модуль-FLOW, модуль якості води WAQ, хвильовий модуль-WAVE, модуль відстеження частинок-PART,

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

морфодинамічний модуль-MOR, модуль транспорту осаду-SED, екологічний модуль -ECO [16].

Модель **ECOM** (модель Estuarine, Coast and Ocean) - це тривимірна часова залежна модель, розроблена Блумбергом та Меллор [16] для мілководних середовищ, таких як річки, озера, лимани та прибережні океани. З останніх років це найпопулярніша модель, що використовується для імітаційного розрахунку потоків у прибережних водах та озерах.

Модуль **HSPF** (програма гідрологічного моделювання - FORTRAN) - це аналітичний інструмент ЕРА США, розроблений для того, щоб дозволити інженеру моделювати гідрологію та чистота води в природних та техногенних системах. HSPF використовується для застосування математичних моделей для імітації руху забруднюючих речовин через вододіли. Це набір комп'ютерних кодів, які можуть імітувати гідрологічні та пов'язані з цим якості води, процеси на повільних і непроникних земних поверхнях, в потоках і добре змішаних затоках [16].

Модель **TELEMAC** - це вдосконалена система, що використовує метод кінцевих елементів для обчислення транспорту забруднень та якості води у двох та трьох вимірах. Ця система була розроблена HR Wallingford у співпраці з Electricité de France / SOGREAH. TELMAC разом з MIKE-3 та Delft3D - це найпоширеніші програмні системи, які доступні на комерційних засадах для обчислення тривимірного потоку, транспорту та якості води [16].

Модель **WASP** (програма моделювання водного аналізу). Система моделювання WASP - це узагальнена структура моделювання долі забруднювачів та транспортування у поверхневих водах [16]. На основі гнучкого відсіку моделювання, WASP можна застосовувати в одному, двох або трьох вимірах. WASP призначений для легкої заміни написаних користувачем процедур у структуру програми. Проблеми, які вивчалися за допомогою WASP включають біохімічний попит на кисень, динаміку розчиненого кисню, поживні речовини / евтрофікацію, бактеріальне забруднення та токсичний хімічний рух. WASP - це динамічна модель відсіку, яка може бути використана для аналізу

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

різноманітних проблем чистоти води у таких різноманітних водоймах, як ставки, струмки, озера, водойми, річки, лимани та прибережні води [16].

2.2. Розробка алгоритму дослідження

Вузол моніторингу НВ. Вузол з'єднує та збирає дані з датчиків (АЦП), обробляє та передає дані Координатору. Він використовує 2 батареї АА для живлення датчиків і модуль SmartRF05Battery Board, але також може використовувати модуль сонячної енергії для зовнішнього джерела живлення. На рис. 2.1 показана апаратна архітектура вузла. До вузла можуть бути приєднані такі типи датчиків: датчик температури, датчик рН, датчик провідності, датчик мутності. Хоча датчик температури має точність 2 °С між 0-70 °С, якщо калібрувати від 25 °С, ми можемо зменшити точність до прийнятного значення 1°С. Значення температури та значення напруги лінійно пов'язані. Через те, що СС2530 використовує напругу акумулятора як орієнтовну напругу АЦП, тому значення буде впливати на час використання акумуляторів протягом тривалого часу. Потрібно використовувати подію точності, що запускається, вузол збирає дані з датчиків, обчислює та вилучає пакет кластерних даних, а потім надсилає його координатору з номером АСК. Цей АСК – унікальний для кожної передачі. Після завершення процесу передачі він запускає таймер АСК (5 секунд) і чекає координатора АСК від вузла [17]. Якщо пакет АСК отриманий, але значення в цьому пакеті не дорівнює значенню попереднього пакета даних Clusterpacket або пакет АСК відсутній, пакет кластерів даних буде знову надісланий. Ця функція підвищить надійність системи та надасть відповіді на екземпляри, якщо є проблеми щодо всієї системи. Крім того, вузол може змінювати попереджувальні значення, коли отримує пакет попередження кластеру [17].

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 2.1 – Алгоритм функціонування вузла моніторингу НВ

Координатор. Координатор відіграє центральну роль у системі, він завжди знаходиться в активному стані та чекає на передачу даних від вузлів та обробку команди від користувачів через модуль GSM / GPRS для конфігурації та моніторингу всіх вузлів у системі [17]. Координатор не має датчиків, встановлених, і він зазвичай розміщується на землі. Він буде житися від

постійного струму від адаптера, що відповідає великим потребам енергії. Рис. 2.2 описує основні напрямки діяльності Координатора. Спочатку він ініціалізує необхідні змінні, функції, такі як модулі UART, світлодіодний, РК та інші компоненти. У той же час він вивчає середовище, щоб вибрати частоту каналів, яка є найбільш ефективною та найнижчою енерговитратами для встановлення мережі Zigbee. Вузли зможуть приєднатися до цієї мережі Zigbee. Основним напрямком діяльності Координатора є отримання даних від Вузла та передача даних на сервер через GPRS. Отримуючи дані, він зчитує номер ACK і переконується, що цей пакет кластерів даних є новим, порівнявши з попереднім значенням. Якщо дані нові, Координатор надсилає пакет ACK, що містить номер ACK з пакета кластерів даних, до відповідного Вузла. Після цього він перевіряє значення, щоб визначити чи середовище перебуває в попереджувальному стані. Якщо значення виходить за рамки дозволених меж, Координатор виконує надсилання SMS-повідомлень, повідомляючи користувачів про вчасне виправлення заходів, щоб уникнути втрат, якщо такі є. Не дивлячись на попередження чи ні, дані також надсилаються до Сервера. Координатор перевірить модуль GSM / GPRS та спробує встановити GPRS-з'єднання. При підключенні він здійснює передачу даних і повертається в стан, що чекає на події. Тип з'єднання між Координатором та Сервером - це TCP / IP, що забезпечує відсутність втрачених даних під час передачі. Якщо процес налаштування GPRS-з'єднань не буде успішним, Координатор здійснюватиме зберігання даних у вбудованій пам'яті CC2530. Після того, як він успішно підключиться до GPRS, він вивчить збережені дані і передасть всю збережену інформацію, що зберігається, на сервер [17].

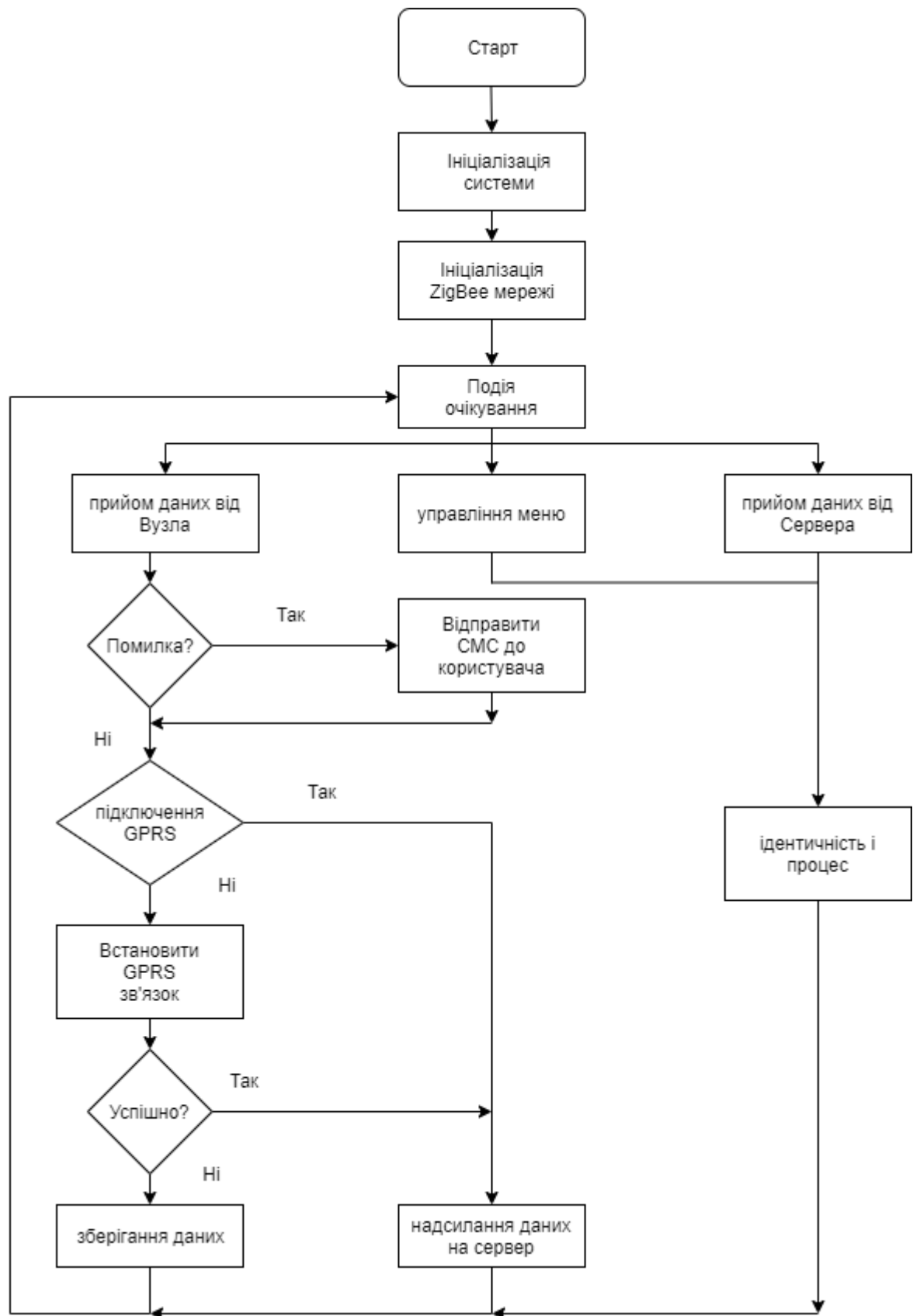


Рисунок 2.2 – Алгоритм функціонування координатора моніторингу НВ

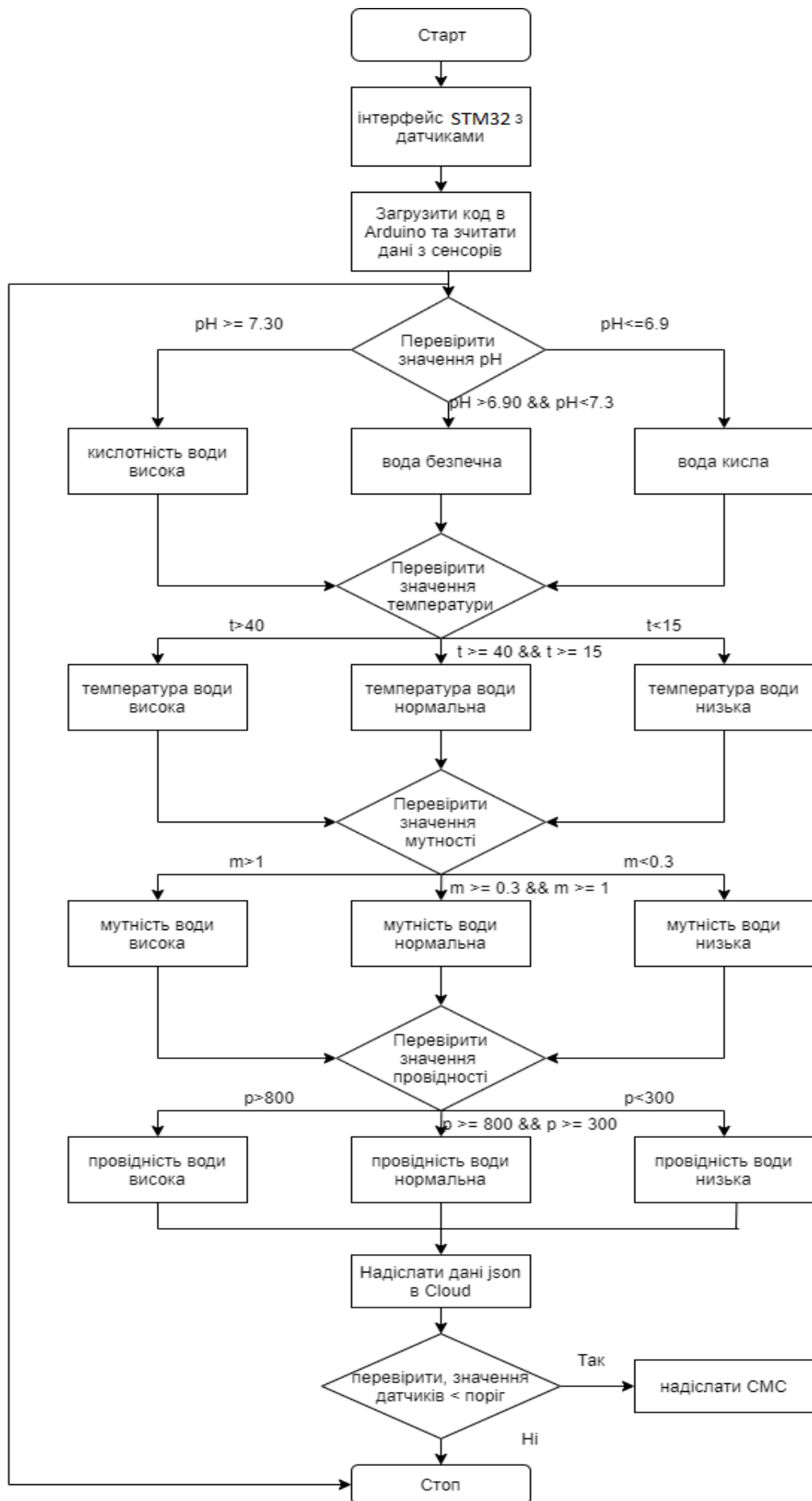


Рисунок 2.3 – Блок-схема процесу збору даних

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД.ПМ4104.0000.ПЗ

Арк.

40

2.3. Програмування

Код написаний у інтегрованому середовищі розробки для архітектури (IDE). Джерело написано мовою С. Спочатку потрібно протестувати чотири датчики кожен окремо, потім інтегрувати всю систему. На рис. 2.3 показаний процес збору даних від датчиків. Датчики пов'язані між собою платою STM32. Потім підключаємо STM32F103 через кабель usb до порту usb та завантажуюмо код. Виходи відображаються в послідовному моніторі IDE [18].

2.4. Розробка та проведення комп'ютерного експерименту

Таблиця 2. Вхідні параметри

Параметри	Блок керування		Підсилювач		Система очищення води	Чутливий елемент	
	Т	рН	Т	рН		Д.Т.	Д.рН
k	0,1	0,5	3	5	1	2	0,01
T	1		—		—	0.5	22,3

Розглянемо структурну схему, яка показана на рис.2.4.

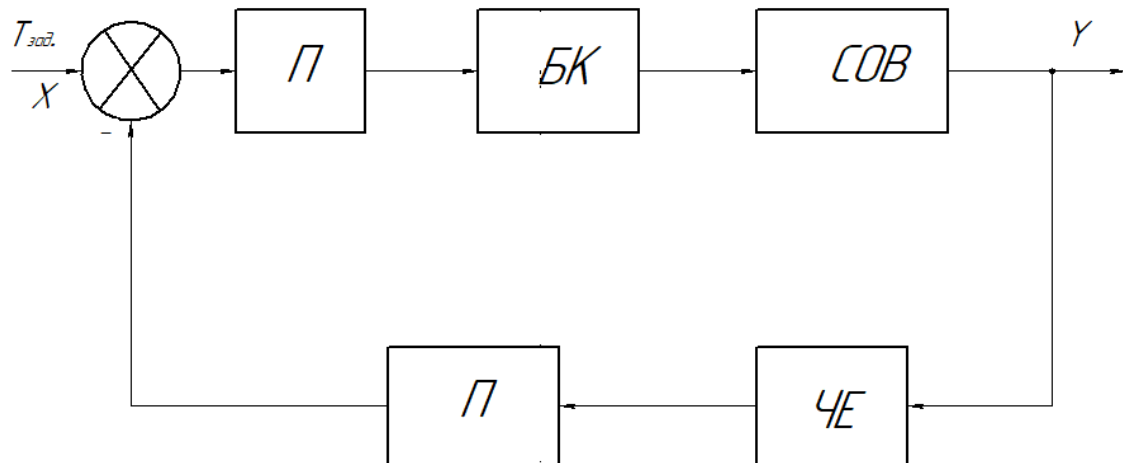


Рис. 2.4 – Структурна схема контролю параметрів води

Передаточна функція підсилювача буде

$$W_{1,5}(p) = k, \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт підсилення; T – постійна часу.

Передаточна функція чутливого елемента (Д.Т.) $W_4(p)$ за формулою

$$W_4(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad (2.2)$$

Передаточна функція блока керування відповідно $W_2(p)$, за формулою

$$W_2(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad (2.3)$$

Передаточна функція камери плавлення $W_3(p)$ дорівнює 1.

Підставимо значення, у формулу 1 і отримаємо передаточну функцію для підсилювачів

$$W_{1,5}(p) = 3,$$

Аналогічно у формули 2.2 і 2.3 і отримуємо передаточні функції ЧЕ і БК відповідно

$$W_2(p) = \frac{0.5}{2p+1},$$

$$W_3(p) = \frac{0.1}{p+1},$$

Розрахуємо загальну передаточну функцію системи

$$\begin{aligned} W_{\text{заг.}}(p) &= \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_3(p)W_4(p)W_5(p)}, \\ W_{\text{заг.}}(p) &= \frac{3 * \frac{0.5}{2p+1} * 1}{1 + 3 * \frac{0.1}{p+1} * \frac{0.5}{2p+1} * 1 * 3} = \frac{\frac{1.5}{2p+1}}{\left(\frac{0.45}{(2p+1)(p+1)} + 1\right)} \\ &= \frac{1.5(p+1)}{2p^2 + 3p + 1.45} = \frac{1.5p + 1.5}{2p^2 + 3p + 1.45}; \end{aligned}$$

$$\text{Отже, } W_{\text{заг.}}(p) = \frac{1.5p+1.5}{2p^2+3p+1.45}.$$

За допомогою середовища MatLab Simulink побудуємо структурну схему контролю температури та побудуємо характеристики.

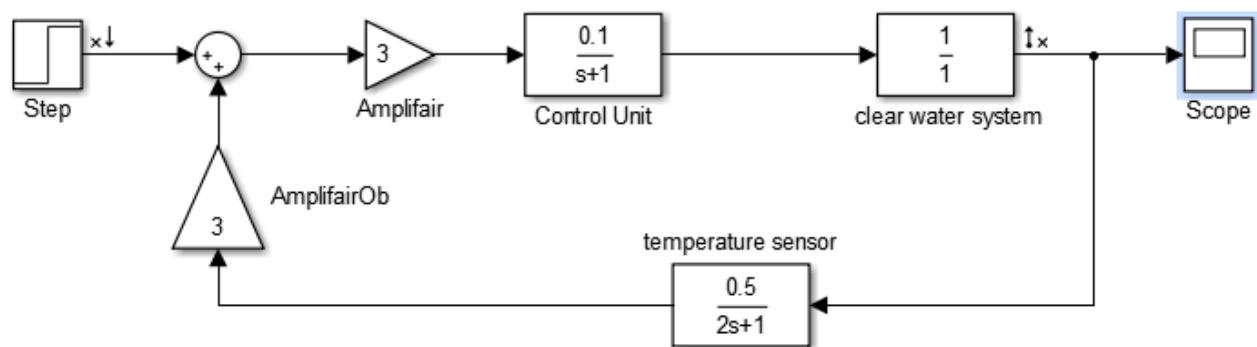


Рис. 2.5 – Структурна схема контролю температури в середовищі Matlab

Отримуємо перехідну характеристику на виході системи (рис. 2.6).

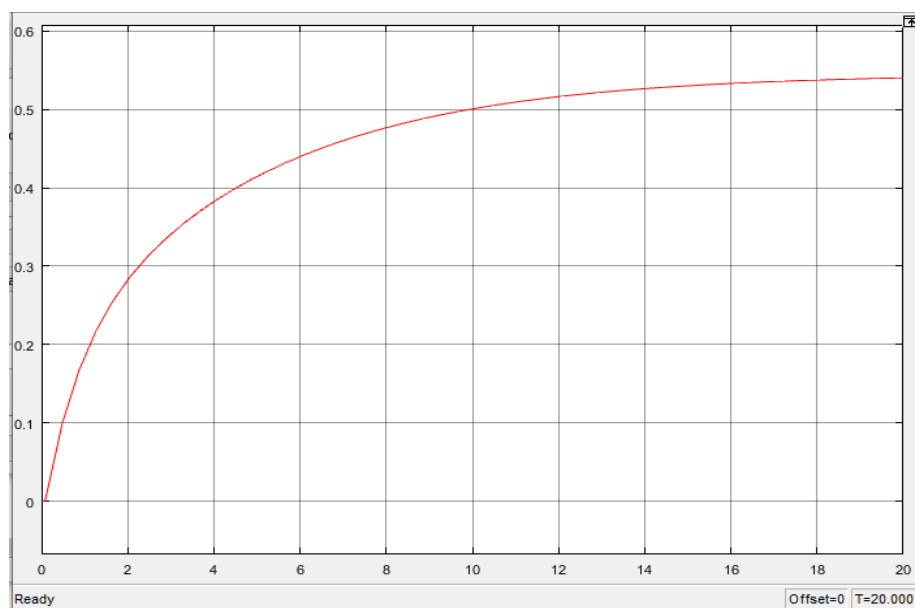


Рис. 2.6. Сигнал на виході системи (перехідна характеристика)

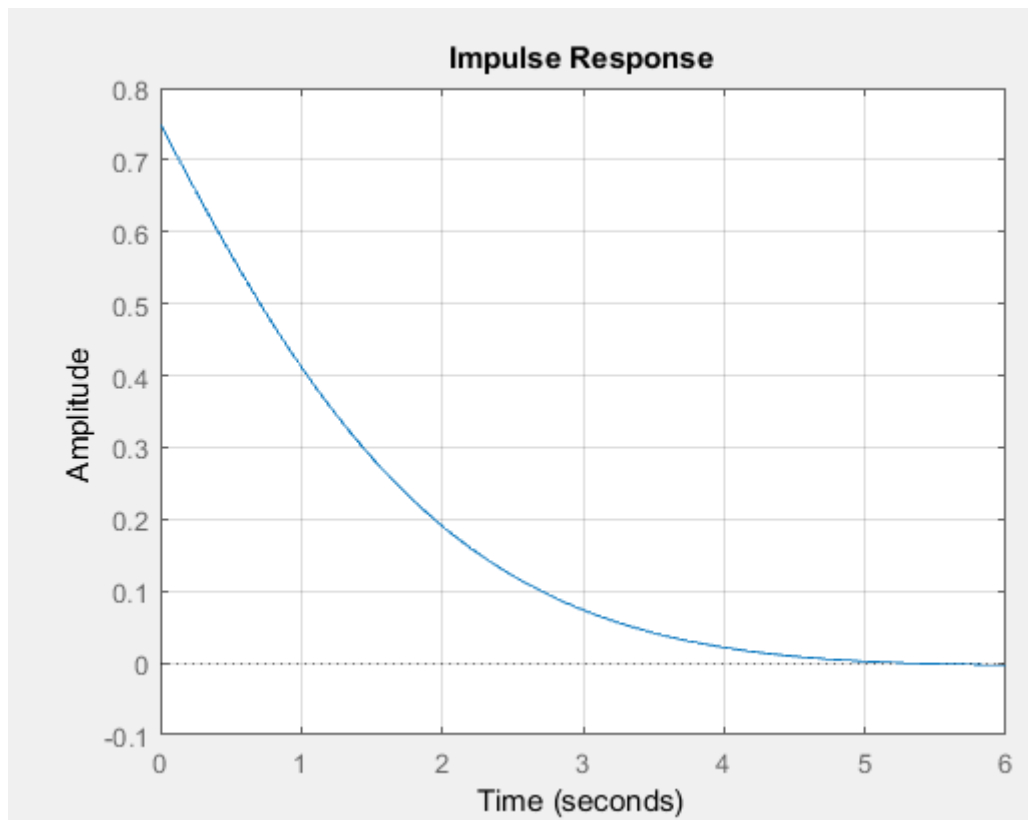


Рисунок 2.7 – Імпульсна характеристика

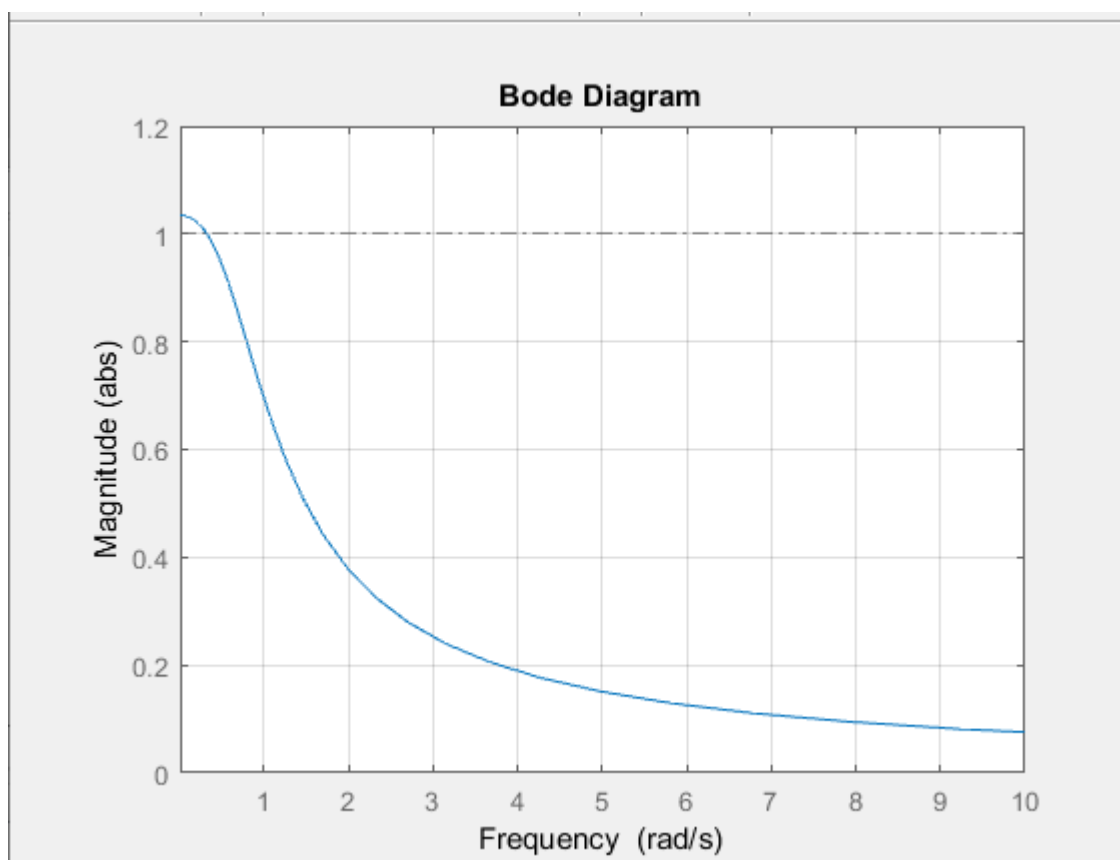


Рисунок 2.8 – АЧХ

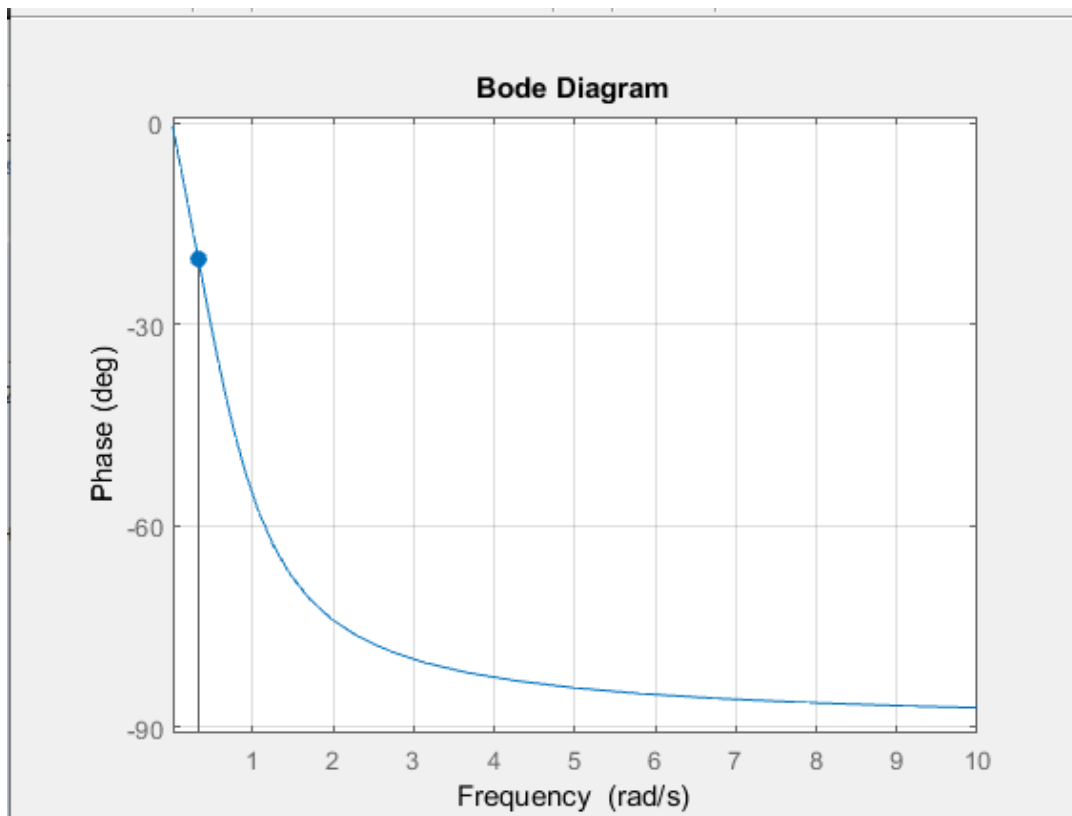


Рисунок 2.9 – ФЧХ

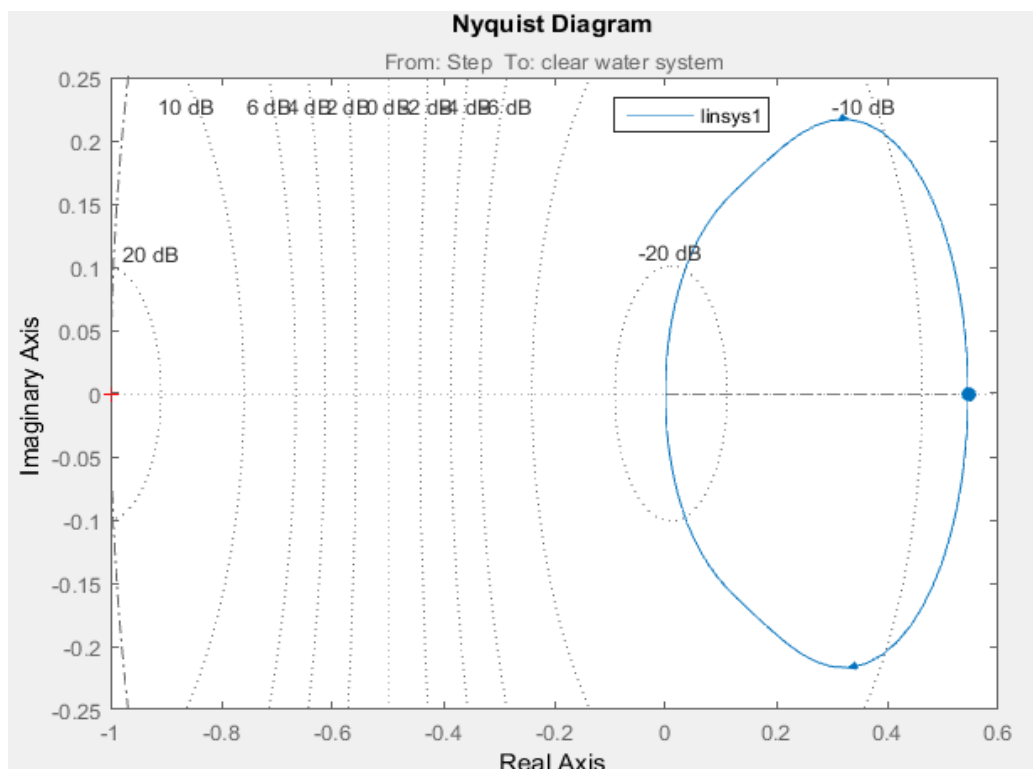


Рисунок 2.10 – АФЧХ

Проведемо експеримент для контролю параметра рН води.

Передаточна функція підсилювача буде

$$W_{1,5}(p) = k, \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт підсилення; T – постійна часу.

Передаточна функція чутливого елемента (Д.Т.) $W_4(p)$ за формулою

$$W_4(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad (2.5)$$

Передаточна функція блока керування відповідно $W_2(p)$, за формулою

$$W_2(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad (2.6)$$

Передаточна функція камери плавлення $W_3(p)$ дорівнює 1.

Підставимо значення, у формулу 1 і отримаємо передаточну функцію для підсилювачів

$$W_{1,4}(p) = 5,$$

Аналогічно у формули 2.5 і 2.6 і отримуємо передаточні функції ЧЕ і БК відповідно

$$W_2(p) = \frac{0.01}{22.3p + 1},$$

$$W_3(p) = \frac{0.5}{p+1},$$

Розрахуємо загальну передаточну функцію системи

$$W_{\text{заг.}}(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_3(p)W_4(p)W_5(p)},$$

$$W_{\text{заг.}}(p) = \frac{5 * \frac{0.1}{p+1} * 1}{1 + 5 * \frac{0.5}{p+1} * \frac{0.01}{22.3p+1} * 1 * 5} =$$

$$= \frac{0.5}{(p+1) * \left(\frac{0.125}{(22.3p+1)(p+1)} + 1 \right)} =$$

$$= \frac{0.5}{\frac{22.3p^2 + 23.3p + 1.125}{22.3p+1}} = \frac{11.15p + 0.5}{22.3p^2 + 23.3p + 1.125};$$

$$\text{Отже, } W_{\text{заг.}}(p) = \frac{11.15p+0.5}{22.3p^2+23.3p+1.125}.$$

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою середовища MatLab побудуємо структурну схему контролю рН та побудуємо характеристики.

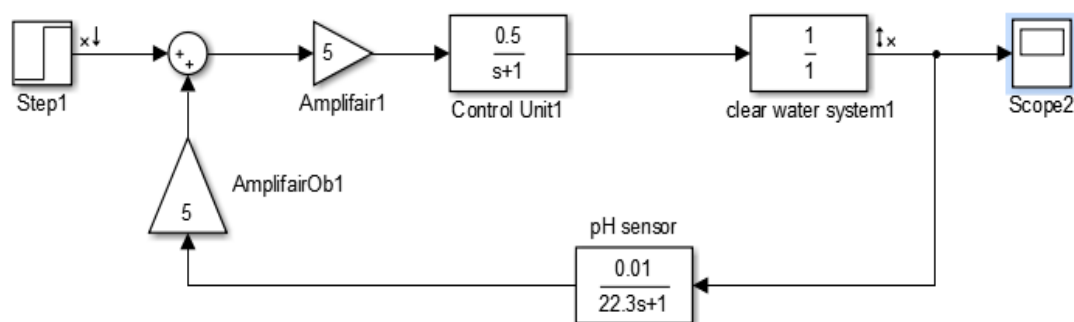


Рисунок 2.11 – Структурна схема контролю рН в MatLab

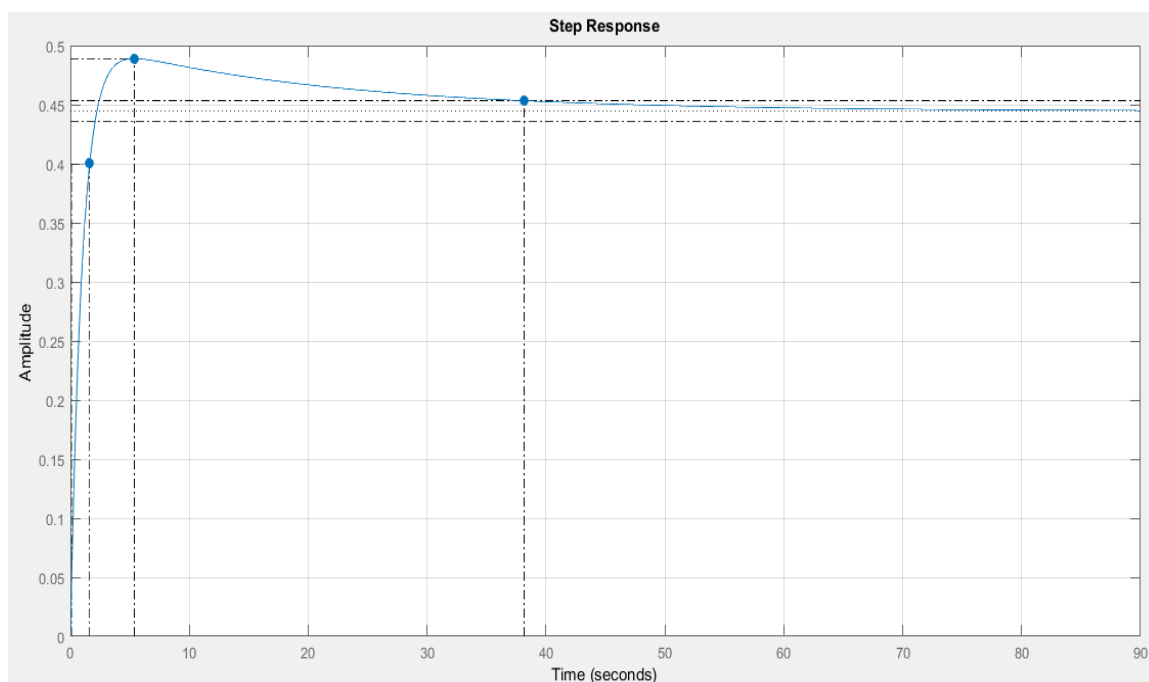


Рисунок 2.12 – Перехідна характеристика

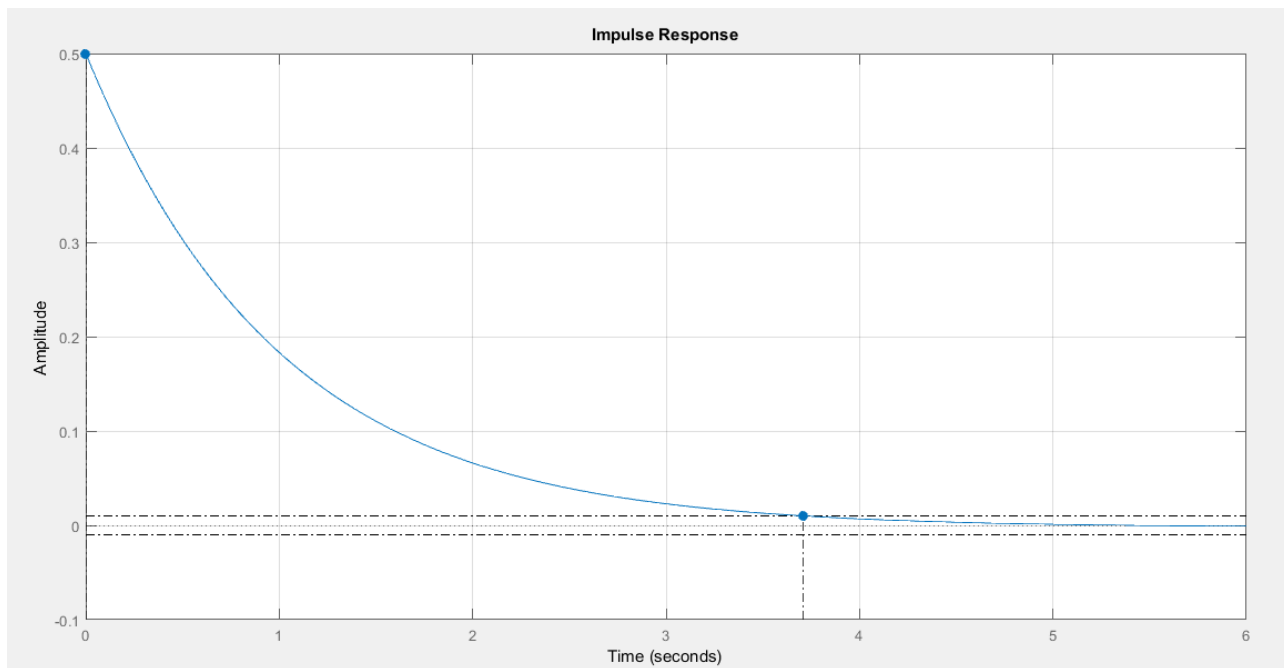


Рисунок 2.13 – Імпульсна характеристика

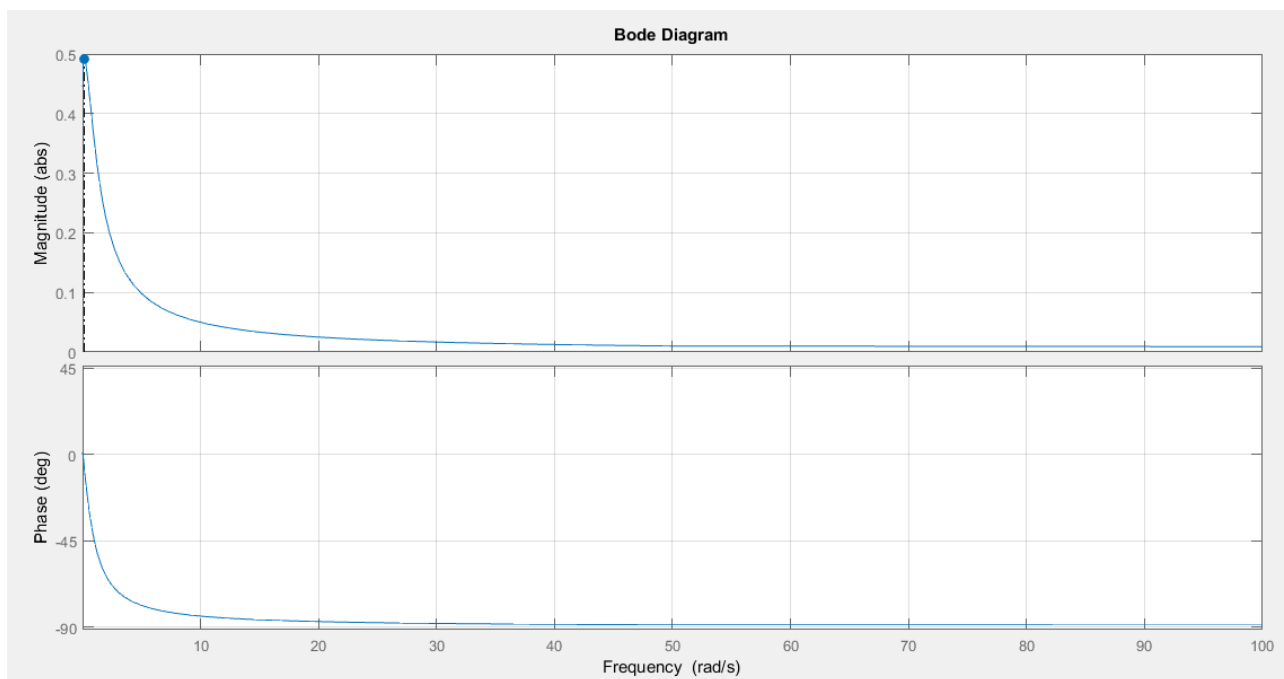


Рисунок 2.14 – АЧХ і ФЧХ

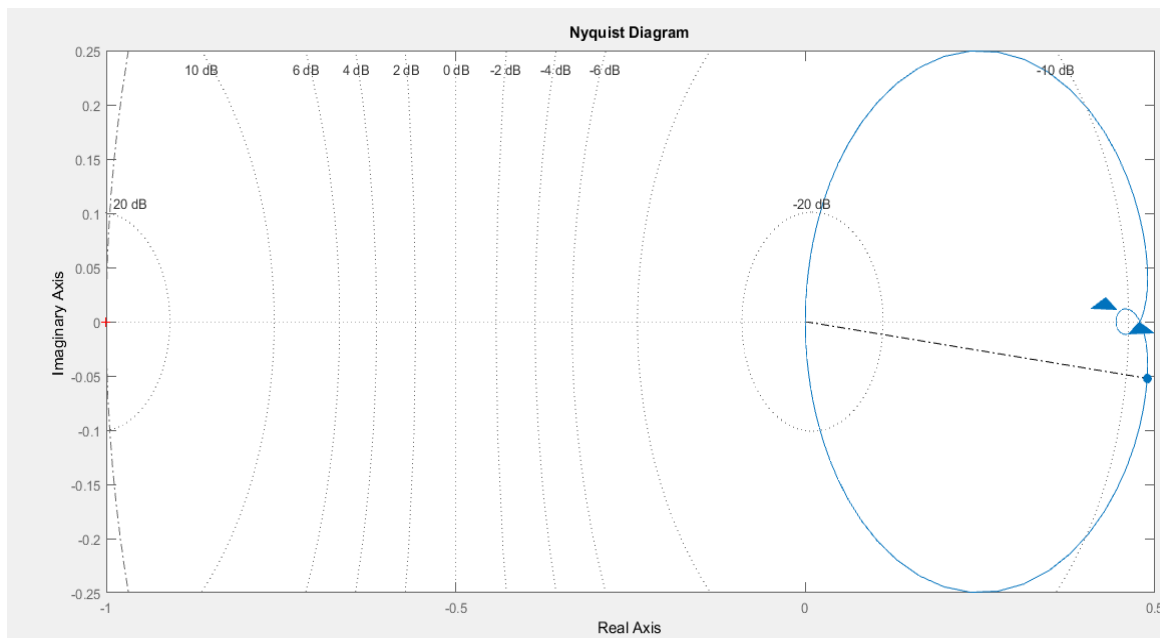


Рисунок 2.15 – АФЧХ

Висновки до розділу 2

Отже, в даному розділі було проведено комп'ютерний експеримент об'єкта дослідження в середовищі Matlab Simulink в ході якого побудовано графічні залежності.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КОНТРОЛЮ ЧИСТОТИ ВОДОЙМИЩ

3.1. Датчик рН

рН розчину вказує, наскільки він кислий або лужний. Термін рН переводить значення концентрації іонів водню, які зазвичай коливаються приблизно від 1 до 10^{-14} грам-еквівалентів на літр - на числа від 0 до 14. На шкалі рН дуже кислотний розчин має низьке значення рН, наприклад, 0, 1 або 2 (що відповідає великій концентрації іонів водню; 10×0 , 10×-1 , або 10×-2 грам-еквіваленти на літр, тоді як дуже лужний розчин має високе значення рН, наприклад 12, 13 або 14, що відповідає невеликій кількості іонів водню (10×-12 , 10×-13 або 10×-14 грам-еквівалентів на літр). Нейтральний розчин, такий як вода, має рН приблизно 7. Цикл вимірювання рН складається з трьох компонентів, датчика рН, який включає вимірювальний електрод, електрод відліку, і датчик температури; передпідсилювач; і аналізатор або передавач [19].

Шлейф вимірювання рН по суті є акумулятором, де позитивним кінцем є вимірювальний електрод, а негативний – електрод відліку. Вимірювальний електрод, чутливий до іона водню, розвиває потенціал (напругу), безпосередньо пов'язану з концентрацією іону водню в розчині. Електрод відліку забезпечує потенціал, з яким можна порівняти вимірювальний електрод [19].



Рисунок 3.1 – рН сенсор

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Високоточний pH-sensor використовується як датчик рН, який має вихідну напругу від -412mV до 412mV. Теоретичний вихід pH-senog становить приблизно 59,16 мВ / рН при 25 ° С, тобто для кислотної вихідної напруги є позитивним, для нейтрального - нульовим, а для основ він стає негативним при 59 мВ на одиницю рН, починаючи з нуля. На цю вихідну напругу впливає температура навколишнього середовища, тому потрібно компенсувати коефіцієнт температури. Потрібно організувати компенсацію температурного ефекту, як показано на рис. 3.2. Вихід датчика перетворюється в діапазон від 0 до 2,5 В, який прямує на процесор для обробки [19].

рН визначається як негативний логарифм концентрації іонів водню і математично задається рівнянням [19]:

$$pH = -\log(H^+)$$

Проба рН або датчик, що використовується для вимірювання значення рН, створює різницю потенціалів між його опорним електродом і вимірювальним електродом. Це значення напруги буде пропорційним відповідному рН в момент вимірювання. Вихідна напруга, що виробляється датчиком рН, визначається рівнянням Нернста і задається значенням

$$E = E_0 - k \cdot T \cdot pH$$

Тут E_0 - постійний потенціал, k - константа Больцмана, T - температура в °С. Тому при температурі 25°C вихід буде

$$E = E_0 - 0.592 \cdot pH$$

Наведене рівняння, рівняння (3) дає напругу, вироблену на одиницю рН, як 0,592 В або 59,2 мВ (приблизно 60 мВ).



Рисунок 3.3 – Датчик температури DS18B20

Залежно від застосування температури опір РТ-100 змінюється пропорційно, що дає подальші зміни вихідної напруги мостового ланцюга при 0°C , міст буде в збалансованому стані, але так як температура РТ-100 змінюється за рахунок застосування деякий вхід температури, то схема моста стає невірноваженою [9]. Цей дисбаланс призводить до невеликої диференціальної напруги на мосту. Максимальна диференціальна напруга становитиме від 20 до 40мВ. Ця мала напруга подається на диференціальний підсилювач з метою посилення. Коефіцієнт посилення може становити від 150 до 300 для регулювання повномасштабного о / п. Потім вихідний диференціальний підсилювач подається на АЦП контролера [9].

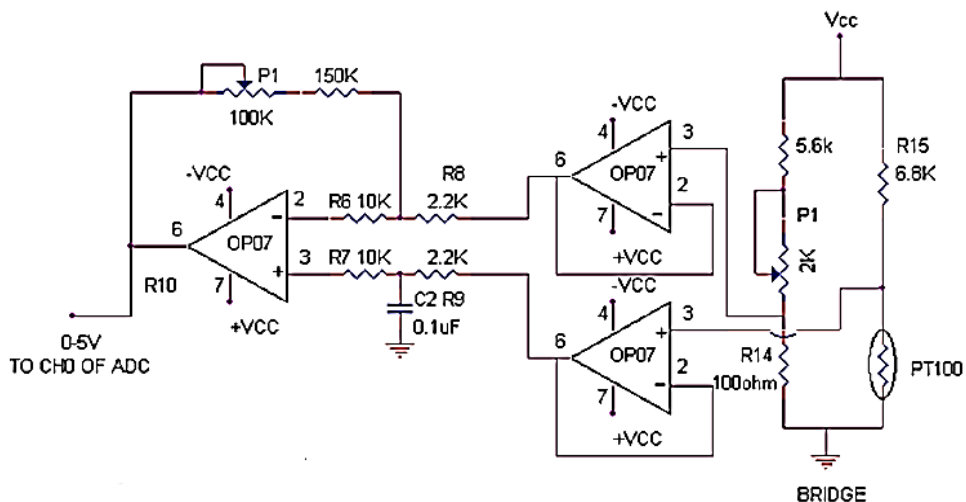


Рисунок 3.4 – Принципова схема поєднання датчика температури

3.3. Датчик помутніння

Датчик помутніння визначає чистота води, вимірюючи рівень помутніння. Він використовує світло для виявлення зважених частинок у воді шляхом вимірювання пропускання світла та швидкості розсіювання, яка змінюється кількістю загальної суспендованої твердої речовини (СТР) у воді. З підвищенням рівня СТР рівень помутніння рідини збільшується. Датчики помутніння використовуються для вимірювання чистоти води в річках і потоках, вимірювання стічних вод та стоків, контрольних приладів для осаду водойм, досліджень осадового транспорту та лабораторних вимірювань [20].

Цей датчик забезпечує аналоговий та цифровий режими виходу сигналу.

На рис. 3.5 показано цей датчик.



Рисунок 3.5 – Датчик мутності

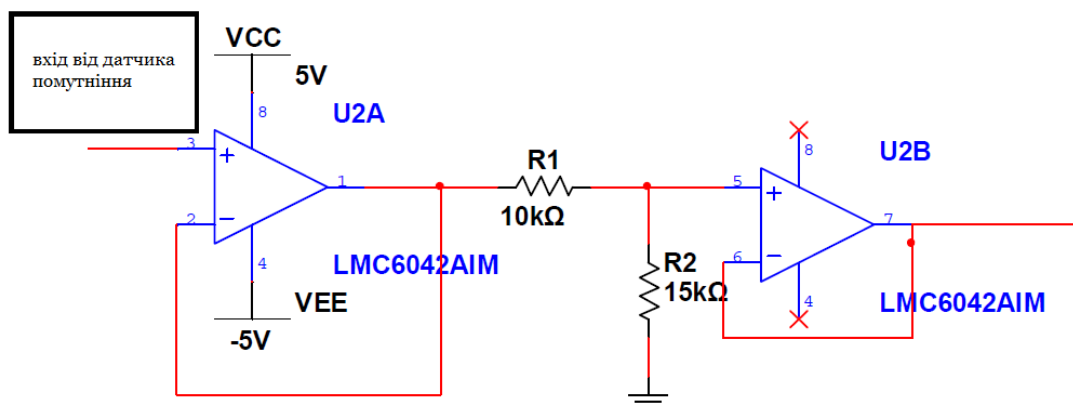


Рисунок 3.6 – Принципова схема поєднання датчика рівня мутності

3.4. Датчик провідності

Провідність - це здатність розчинів переносити струм. Цей параметр використовується для визначення вмісту солі у воді. Використовується для вимірювання провідності води. Він складається з двох електродів, коли поміщається у воду, утворюється потенціал, пропорційний провідності. Він вимірюється в сеймах на см. Прийнятний діапазон провідності становить від 300 до 800 мкм на см [21].



Рисунок 3.7 – Датчик провідності фірми Amazon

3.5. Модуль ZigBee

Чип радіочастотного зв'язку та відправки CC2420 був вибраний в якості чипа модуля ZigBee. CC2420 - це чітке повідомлення та передача радіочастоту промислового класу, розробник Chipcon. Завдяки великій кількості периферійних компонентів цей чип може надійно отримати і відправити дані в бездротовому діапазоні робочих частот від 2400 ГГц до 2,4835 ГГц. Інтерфейс CC2420 включає в себе SFD, FIFO, FIFOP, CCA та SPI (CSn, SI, SO і SCLK). Управляю состоянием вывода FIFO і FIFOP, я могу настроїти регістр Tx / Rxtegoti; Встановивши стан вивідок CCA, ми могли очистити канал, а станції встановити стан SFD, щоб ми могли контролювати інформацію про час і час. Через шину SPI CC2430 може налаштувати режим роботи мікросхем, дозволяючи записувати та записувати дані про буфери та керування регіональними станами [23]. Схема модуля ZigBee показана на рис. 3.8.

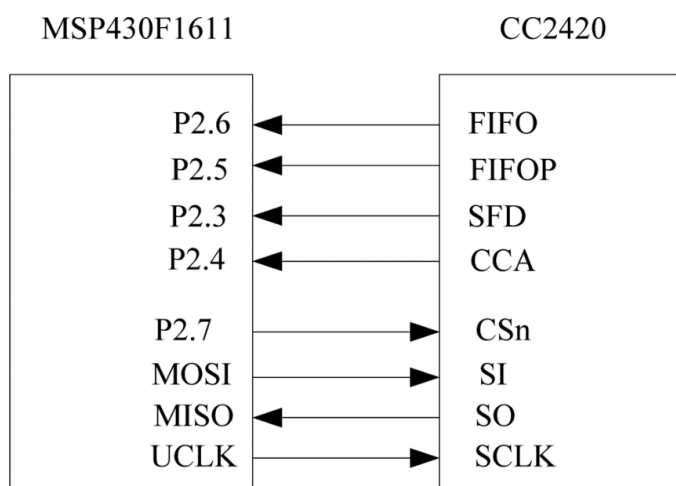


Рисунок 3.8 – Схема модуля ZigBee

3.6. GSM модуль

Модуль передачі інформації - це модуль GSM. Модуль GSM використовує SIMENS TC35. Модуль GSM в основному складається з процесора базової смуги GSM, GSM RF, живлення, спалаху, антен та антенного гнізда. Модуль забезпечує стандартний інтерфейс команд AT для користувачів, а його робоча напруга становить від 3,3 до 5,5 В, а споживання електроенергії нижче. Більше того, він може безпечно та швидко передавати дані та голос на смузі частот 900 МГц та

1800 МГц. Існує три режими SMS, які підтримує GSM: режим блокування Text Mode і режим PDU. Текстовий режим підтримує числа та символи. Система в основному передає цифрові повідомлення, тому текстовий режим обраний для застосування. Модуль GSM використовує стандартні команди AT і спілкується з сигнальним чіпом UART [22].

Цей модуль може приймати SIM-карту будь-якого оператора мережі GSM. Перевагою використання цього модуля є те, що ми можемо використовувати порт RS232 для спілкування. Модуль GSM використовує стандартні команди AT.

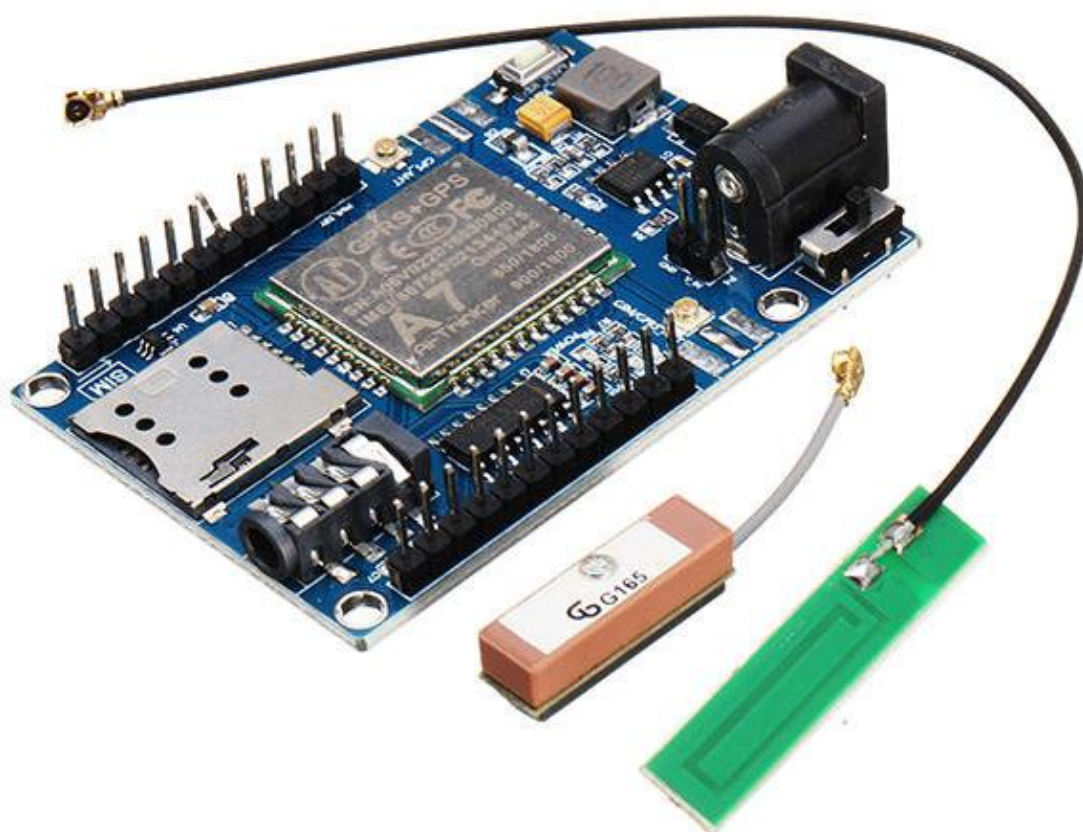


Рисунок 3.9 – GSM модуль

3.7. Мікроконтролер STM32

Мікроконтролер STM32F103 [23], має високоефективне ядро Cortex-M3 і працює в робочій частоті 72 МГц, робоча напруга 2,0-3,6 В, -40°C до 85°C робочої температури, забезпечений вбудованою швидкісною пам'яттю. Одночіповий мікроконтролер має низьке енергоспоживання, низьку напругу та широке застосування. Це ядро всієї системи, що використовується для збору

даних, перетворення А / D набутих сигналів та контролю належної роботи елементів. Його схема управління показана на рис. 3.11.

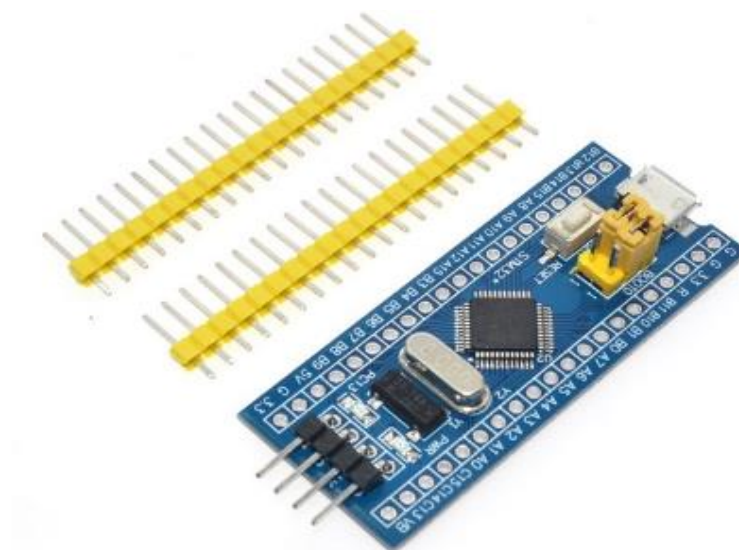


Рисунок 3.10 – МК STM32F103

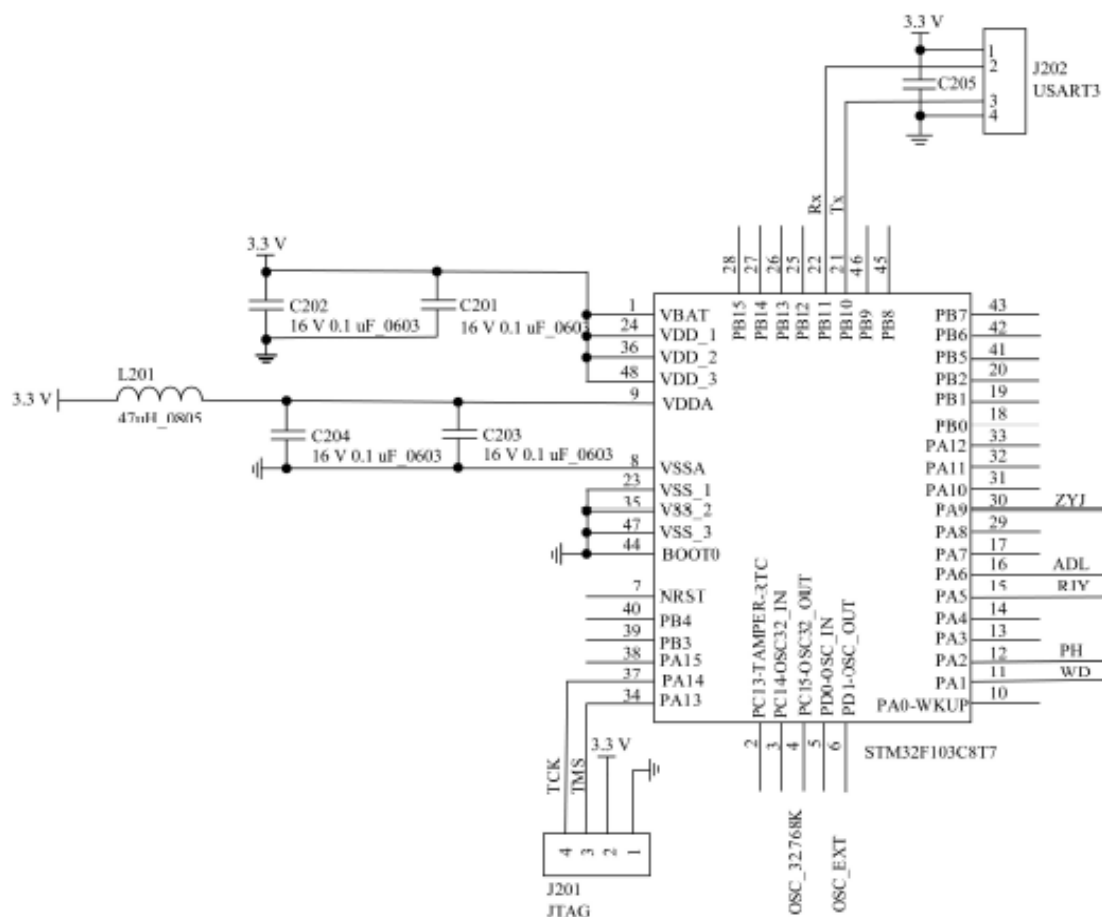


Рисунок 3.11 – Схема STM32F103

Таблиця 2. Характеристики мікроконтролера STM32F103

Peripheral		STM32F103Tx		STM32F103Cx		STM32F103Rx		STM32F103Vx	
Flash - Kbytes		64	128	64	128	64	128	64	128
SRAM - Kbytes		20		20		20		20	
Timers	General-purpose	3		3		3		3	
	Advanced-control	1		1		1		1	
Communication	SPI	1		2		2		2	
	I ² C	1		2		2		2	
	USART	2		3		3		3	
	USB	1		1		1		1	
	CAN	1		1		1		1	
GPIOs		26		37		51		80	
12-bit synchronized ADC		2		2		2		2	
Number of channels		10 channels		10 channels		16 channels ⁽¹⁾		16 channels	
CPU frequency		72 MHz							
Operating voltage		2.0 to 3.6 V							
Operating temperatures		Ambient temperatures: -40 to +85 °C / -40 to +105 °C (see Table 9) Junction temperature: -40 to + 125 °C (see Table 9)							
Packages		VFQFPN36		LQFP48, UFQFPN48		LQFP64, TFBGA64		LQFP100, LFBGA100, UFBGA100	

Висновки до розділу 3

Отже, в розділі було вибрано та описано характеристики перетворювачів, елементів конструкції системи.

4. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЧИСТОТИ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ

Рис. 4.1 ілюструє один із вузлів контролю чистоти НВ, які складаються з ряду датчиків (рН, помутніння, температури, провідності), перетворювача сигналу, мікроконтролера та ZigBee модуля. Дані, отримані датчиками, будуть передані через перетворювачі сигналу з метою маніпулювання аналоговим сигналом таким чином, щоб він відповідав вимогам наступного етапу для подальшої обробки. Тоді ці дані будуть передані мікроконтролеру. Вбудований АЦП перетворить аналоговий сигнал у цифровий сигнал для подальшої обробки [24]. За допомогою ZigBee модуля перетворені дані будуть надсилатись на базову станцію, як показано на рис. 4.2.

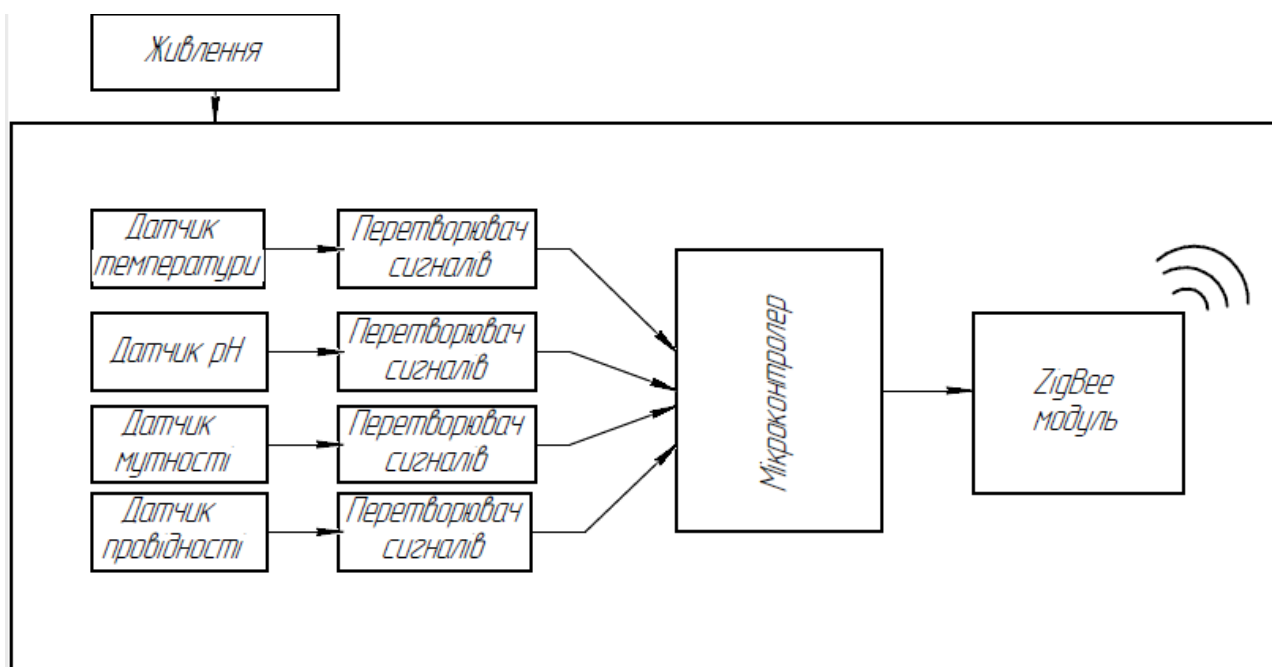


Рисунок 4.1 – Структура системи контролю параметрів води НВ

Центральна станція бази даних

Дані з усіх вузлів збираються на базовій станції даних, як показано на рис. 4.2. Дані з кожного вузла збираються один за одним, тобто, використовуючи часове мультиплексування. Отримані дані відображаються на LCD-дисплеї. Крім того, ці дані передаються на станцію віддаленого моніторингу через модуль GSM/3G [24].

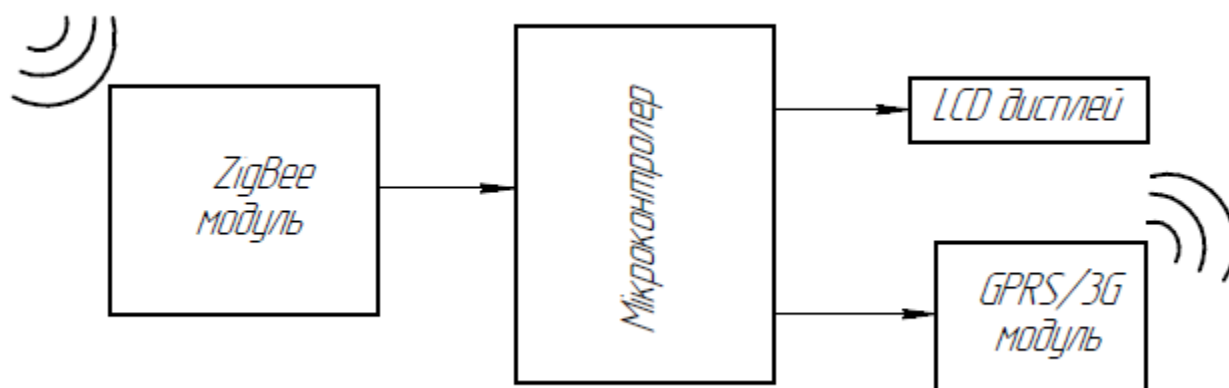


Рис. 4.2 – Структура центральної станції (база даних)

Висновки до розділу 4

Отже, в цьому розділі було розроблено структуру БСМ КІС контролю чистоти НВ.

5. РОЗРОБКА БЕЗПРОВІДНОЇ НЕПЕРЕРИВНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ НЕВЕЛИКИХ ВОДОЙМИЩ

Моніторинг чистоти води дистанційного зондування внутрішніх водних об'єктів базується на досвіді, статистичному аналізі або спектральних характеристиках параметрів якості води, підборі даних діапазону дистанційного зондування та даних вимірюваних параметрів чистоти ґрунтової води для математичного аналізу та встановленні алгоритмів інверсії параметрів чистоти води [24].

5.1. Безпроводні протоколи передачі даних

ZigBee

Програми ZigBee над IEEE802.15.4 в основному зосереджені на: промисловому керуванні, бездротовому детектуванні датчиків, персональному моніторинговому обладнанні, бездротовому медичному пристрої, електромережі, бездротових споживчих пристроях та керуванні освітленням тощо. використовується в системі стеження, управління логістикою, інтелектуальним освітленням, дистанційним керуванням, медичним обслуговуванням та системою зчитування лічильника дистанційно [25].

IEEE 802.15.4 [25] визначає необов'язковий MAC-адрес із суперкадровою структурою, що включає дві частини: активну та неактивну. У неактивній частині пристрій можна встановити в режимі низької потужності (стан сну). З іншого боку, активну частину можна також розділити на період конкуренції та поза конкуренцією. Період конкуренції передбачає доступ до обладнання CSMA-CA [25]. Період поза конкуренцією складається з декількох часових інтервалів захисту, і він доступний для деяких пристроїв, яким потрібно зберегти певну пропускну здатність даних [26]. Структура суперкадру відображає функцію низької потужності в IEEE 802.15.4. Застосування неактивного періоду обмежує години роботи трансивера між двома пристроями, і це робить пристрої в режимі спокою, коли немає передачі даних. Таким чином, це очевидно знижує споживання електроенергії.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Пристрої Zigbee [26] можуть поширюватися на повнофункціональні пристрої та пристрої спрощеної функції. На відміну від повнофункціональних пристроїв, пристрої спрощеної функції мають простіший стек протоколів та меншу пам'ять, і він може взаємодіяти лише з повнофункціональними пристроями. Хоча повнофункціональні пристрої мають повний протокол IEEE 802.15.4, вони можуть взаємодіяти з будь-яким вузлом у межах передачі. Два пристрої можна поєднувати один з одним, і вони утворюють сітчасту мережу, мережу зірок або деревовидну [26].

Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) - один із галузевих стандартів бездротового мережевого зв'язку (IEEE 802.11x), він визначає рівень MAC та фізичний рівень. Фізичний рівень визначає два режими модуляції бездротової частоти та один режим інфрачервоної передачі, які працюють в діапазоні ІСМ 2,4 ГГц [26]. Зв'язок по Wi-Fi між двома пристроями відбувається на основі самоорганізуючої мережі (AdHoc), і він також може здійснюватися під координацією базової станції або точки доступу. Найбільша його перевага полягає в тому, що висока швидкість передачі може досягати 11 Мбіт / с, крім того, її ефективна відстань довга, і вона може бути сумісною з різноманітністю пристроїв DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) 802.11 [26].

Деякі функції Wireless Fidelity такі ж, як і Bluetooth, обидві вони належать до технології бездротового зв'язку короткого діапазону, яка використовується в офісі та будинку. Технологія Wi-Fi має свої достоїнства, тому вона широко використовується. Wireless Fidelity використовує смугу частот 2,4 ГГц. Він формується в різні варіанти, такі як IEEE 802.11a / b / g / n [26].

Специфікація бездротової мережі IEEE 802.11b є варіантом специфікації IEEE мережі 802.11. Протокол 802.11b, в основному, працює на рівні фізичного рівня та каналу передачі даних OSI (Open System Interconnect Reference Model), і він використовує DSSS для модуляції та демодуляції, щоб поліпшити швидкість передачі та можливість запобігання заклиненню. Максимальна пропускна

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

здатність - 11 Мбіт / с [26], Коли сигнал слабкий або перешкоджає, пропускна здатність регулюється для 5,5 Мбіт / с, 2 Мбіт / с і 1 Мбіт / с [26], автоматичне регулювання пропускної здатності ефективно гарантує стабільність і надійність мережі. Основними характеристиками IEEE 802.11b є: висока швидкість, висока надійність. Відстань зв'язку до 305 метрів у відкритих просторах, навпаки, відстань зв'язку становить від 76 м до 122 м у закритих просторах [26], зручно інтегруватись у існуючі провідні Ethernet, а вартість мереж становить нижній. 802.11b мають провідну еквівалентну конфіденційність для забезпечення безпеки мережі.

WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) базується на стандарті IEEE 802.16, WiMAX підтримує широкосмуговий бездротовий доступ в умовах нелінійного зору поширення, а також надає низьку затримку, високоякісний VoIP і послуги передачі даних для бездротової мережі . Рекомендований діапазон IEEE 802.16d становить 2-11 ГГц [26]. Він враховує заповнення радіочастотного спектру та комунікаційні потреби мобільного та нелінійного поширення у всьому світі. Для підтримки мобільності рекомендований діапазон частот 802.16e є нижче 6 ГГц. Стандарт IEEE 802.16 може підтримувати потоки відео та аудіо даних в одному каналі, в той же час він також підтримує раптову швидку передачу даних. Алгоритм MAC призначається ресурсам одного кінцевого користувача, і він знаходиться від одного слота до всього кадру, так що відповідно до вимог, WiMAX забезпечує пропускну здатність широкого динамічного діапазону для конкретного користувача в будь-який час.

UWB

UWB (Ultra Wide Band, ультраширокий діапазон) – скажімо так, нова швидкісна технологія зв'язку та з короткою дальністю, яка має велику перевагу на коротких відстанях (менше 13 м), максимальна швидкість передачі - до 1 Гбіт / с [25]. Традиційна вузькосмугова технологія використовується в передачі на

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великій відстані з низькою швидкістю. Діапазон спектра, охопленого UWB, становить від 3,1 ГГц до 10,6 ГГц, спектральний діапазон дуже широкий, але потужність передачі низька [3]. UWB повністю відповідає вимогам додатків для домашніх розваг, і він може передавати широкосмуговий відеопотік безпосередньо [26].

Технологія Ultra Wide Band має спільні риси із ZigBee та Bluetooth, вони використовуються в персональній локальній мережі (PAN), і всі вони належать до технології передачі короткого діапазону. UWB - це така собі технологія бездротового сигналу, що використовує вузьке імпульсне випромінювання, і вона ідеально підходить для високошвидкісного, бездротового особистого зв'язку. США FCC встановлює правила UWB: між частотами частот 3,1 ГГц і 10,6 ГГц [25], UWB займає смугу понад 500 МГц. Технологія зв'язку без візового зв'язку використовується UWB, і UWB витрачає багато енергії при передачі безперервного носія, зазвичай споживання енергії бездротового зв'язку UWB становить лише один відсоток від загальної бездротової зв'язку, пристрої з акумулятором доступні протягом декількох місяців при використанні UWB [25]. Оскільки модуляція несучої сигналу та демодуляція не потрібні в UWB, вона економить велику кількість складних компонентів, в той же час вона легше інтегрується в схеми CMOS. UWB має потужну здатність проти багатошляхових перешкод, особливо для високошвидкісної передачі в складних приміщеннях, і це може гарантувати надання користувачам високонадійного середовища бездротової передачі.

Функції UWB та ZigBee з низькою потужністю та низькою швидкістю передбачають, що вони можуть створити додаткову мережу з Wi-Fi та іншими бездротовими технологіями. Крім того, складність пристроїв UWB та ZigBee низька, і для того, щоб досягти недорогих, дуже гнучких мережевих доступу, їх можна підключити до існуючої мобільної мережі та інших мереж зв'язку [26].

В табл. 3 наведена порівняльна характеристика протоколів передачі даних.

Таблиця 3. Порівняння Zigbee, Bluetooth, WiFi, UWB

	Zigbee	Bluetooth	WiFi	UWB
--	--------	-----------	------	-----

Частота	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	3.1GHz-10.6GHz
Відстань	30м-1.6км	6м-62м	20м-200м	0.2м-40м
Швидкість передачі даних	250 kbps	1 Mbps	11-54 Mbps	53-480Mbps
Енергоспоживання	Низьке	Середнє	Високе	Низьке
Модуляція/протокол	DSSS, CSMA/CA	FHSS	DSSS/CCK, OFDM	M-CSMA/OFDM
Безпека	Середня	Висока	Низька	Висока
Тип	Зірка, дерево, сітка	Зірка (max 8 вузлів)	Зірка	
Максимальний розмір пакета (байт)	132	359	4096	
Розмір стека	8-60KB	>100KB	>100KB	
Стандарт	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1X	IEEE 802.11b IEEE 802.11g	IEEE 802.15.3
Основне застосування	Промислова та медична мережа датчиків тощо	Телефони, КПК, гарнітура	Доступ до Інтернету, локальне з'єднання	Домашні розваги, звукова система

Висновок

Після порівняння переваг та недоліків мережевих протоколів у середовищі невеликих водоймищ, краще застосовувати протокол Zigbee на внутрішній очисній станції та протокол GSM / GPRS для зв'язку з контрольним центром.

5.2. Топологія мережі

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

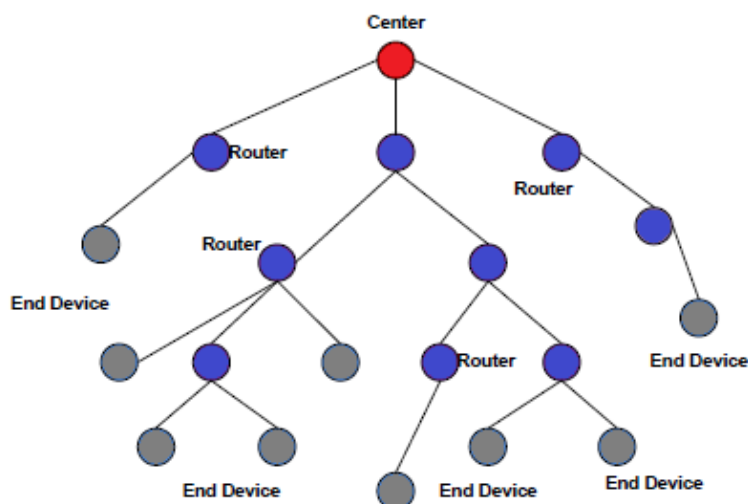


Рисунок 5.1 – Топологія «дерево»

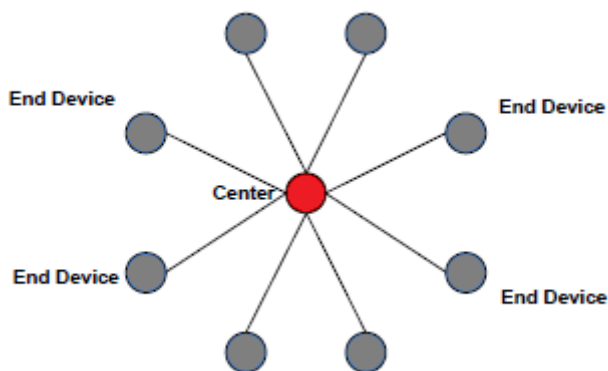


Рисунок 5.2 – Топологія «зірка»

У великому місті потрібно вибирати мережу «дерево», як топологію для контролю чистоти НВ. Мережі «дерево» використовують головний вузол як основний центр зв'язку. Центр також може розглядатися як координатор системи. Другий шар - це маршрутизатор в ієрархії. Це невелика мережа зірок на нижньому шарі. Можна сказати, що мережа «дерево» пов'язує топологію «зірка» з мережею Peer to Peer [26]. На цьому рис. 5.1 маршрутизатор - «головна насосна станція», а кінцевий пристрій - «підстанція».

У маленькому місті чи селі, оскільки менше насосних станцій та простішого сполучення, мережа «зірка» - найкращий вибір топології. Мережі «зірка» утворені одним централізованим вузлом та кількома кінцевими пристроями (нодами). Центр має кращі можливості обробки даних, бездротової передачі, збору та зберігання даних, ніж інші вузли [26]. Кожен кінцевий вузол не може

безпосередньо спілкуватися з будь-яким іншим вузлом, тому всі дані повинні передаватися через центральний вузол.

5.3. Структура безпроводної мережі контролю забруднення НВ

Запропонована система моніторингу, проілюстрована на рис. 5.3. Її можна розділити на три частини: вузли моніторингу даних, станція бази даних та центр віддаленого моніторингу [26].

Велика кількість вузлів моніторингу даних, розподілених у водяній зоні, що визначається, динамічно складають мережу моніторингу, в якій кожен вузол збирає лише такі параметри, як рН, мутність, провідність та температуру, збір даних, зібраний параметр запам'ятовування та маршрутизації до бази даних; дані з вузлів моніторингу переносяться до віддаленого центру моніторингу (сервера) базовою станцією через мережу GPRS; центр моніторингу аналізує та обробляє параметри чистоти води, подає тривогу для надзвичайних ситуацій, таких як забруднення води, крім будь-яких раптових змін якості води та забезпечує підтримку прийняття рішень щодо запобігання та усунення забруднення води. Вся система моніторингу водного середовища представляє корисні характеристики, такі як велика ємність мережі, гнучка диспозиція, низьке енергоспоживання, низька вартість та незначний вплив на природне середовище [25].

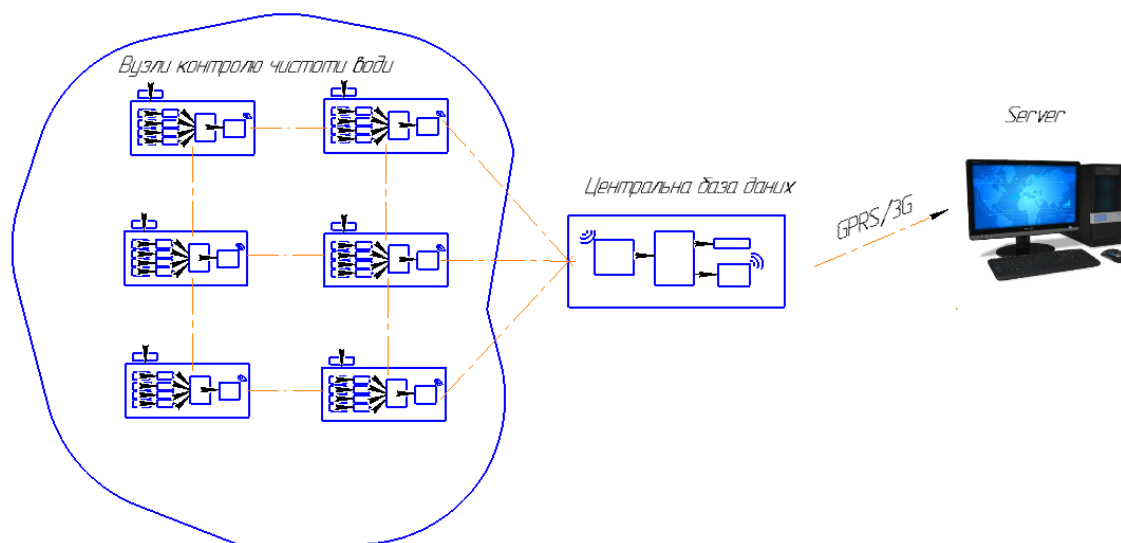


Рисунок 5.3 – Структура БСМ контролю чистоти води НВ

5.4. Надійність передачі даних безпроводної мережі

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

У БСМ [25, 27] надійна передача даних може бути досягнута при підвищеній надмірності. Наприклад, автоматичний повторний запит (АПЗ) передає пакети даних шляхом повторної передачі, попереднє виправлення помилок (ПВП) додає надлишкові пакети до вихідного вузла, а багатопотоковий метод передає надлишкові пакети через декілька шляхів. Більше того, на надійність передачі даних БСМ легко впливає якість міжнародної комунікації. Один з найпоширеніших способів підвищення надійності передачі даних полягає у зменшенні швидкості втрат каналу за допомогою надлишкових пакетів. Найпростіша топологія БСМ - це мережа «зірка», а модель надійності однієї мережі відрізняється за різних вимог (рис. 5.3).

Якщо методика мережевого кодування використовується окремо, неможливо уникнути ефекту втрати каналу. Зрештою, ефект такий самий, чи втрачає вузол мийки лише один пакет або всі пакети одночасно. Таким чином, техніку мережевого кодування слід поєднувати з надлишковою технологією для підвищення надійності передачі даних [27].

Популярні способи збільшення надмірності включають багатошляхову передачу, кодування повторної передачі пакетів даних та збільшення надмірних пакетів. ПВП кодується тільки у вузлі джерела і декодується у вузлі призначення. Однак у мережевому кодуванні проміжні вузли можуть бути перекодовані. У порівнянні з ПВП мережеве кодування відрізняється кращою гнучкістю та стійкістю до відмов. Наприклад, припустимо, що 3 необроблених пакети даних передаються таким чином, що вузол останнього переходу вузла потоку отримує кодовані пакети даних x_1 , x_2 , x_3 та x_4 , де x_1 лінійно корелює з вектором кодування x_2 та пакети даних лінійно незалежні [27].

Якщо ПВП прийнятий, вузол буде пересилати пакети безпосередньо. Припустимо, що пакет x_3 втрачається після передачі, вузол занурення не зможе декодувати пакети даних x_1 , x_2 та x_4 , оскільки матриця коефіцієнта кодування не є повною мірою. Якщо використовується мережеве кодування, вузол отримає 4 нові шляхи кодування пакетів даних і матриця коефіцієнтів будь-яких трьох цих

пакетів є повним рангом. Навіть якщо пакет втрачено, вузол збору даних може його легко розшифрувати.

Щоб розкрити перевагу мережного кодування, надійність передачі даних та споживання енергії кодування мережі, обходились різними шляхами. Надійність передачі даних позначається як R і визначається як ймовірність того, що вузол потоплення успішно отримає початковий пакет даних після однієї передачі.

Визначення 1: Середнє споживання енергії E означає середню енергію, спожиту успішно переданим пакетом. Це можна виразити як:

$$E_{\text{сер}} = \frac{\text{Загальна витрачена енергія}}{\text{Кількість отриманих пакетів}}, \quad (5.1)$$

Визначення 2: Відношення середнього енергоспоживання в мережевому кодуванні щодо споживання енергії в традиційному режимі можна виразити як:

$$\eta = \frac{E_{\text{сер}}^c}{E_{\text{сер}}^t}, \quad (5.2)$$

Однополосна передача

У БСМ з декількома скачками пакети передаються датчиками вузлів за допомогою багатопроменевої маршрутизації, якість інтермодальної комунікації сприйнятлива до каналних ефектів, а збої зв'язку не залежать один від одного. У разі відмови зв'язку вузли датчика не виходять з ладу. Позначимо швидкість втрати каналу як e , енергію, яку споживає вузол, щоб надіслати пакет як ε . Через скачок n часу, ймовірність того, що пакет досягає p вузлів, становить:

$$p = (1 - e)^n, \quad (5.3)$$

Якщо припустити, що вихідний вузол надсилає K пакетів, ймовірність успішного отримання цих пакетів є:

$$P = (1 - e)^{nK}, \quad (5.4)$$

де ймовірність P еквівалентна надійності R , визначеній у попередньому розділі.

Енергія, яка витрачається на відправлення пакета у вузол збору даних через n стрибків часу, обчислюється наступним чином. Оскільки пакет втрачається після певного стрибка, загальна енергія, витрачена на відправлення K пакетів, може бути отримана індукцією [27].

$$E_T = Kn\varepsilon(1 - e)^n + \sum_{i=1}^n \varepsilon iK(1 - e)^{i-1}e, \quad (5.5)$$

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очікується, що кількість пакетів, отриманих вузлом збору даних, становить Kp , при цьому середнє споживання енергії становить:

$$E_{\text{сер}}^T = \frac{E_T}{Kp} = \frac{Kn\varepsilon(1-e)^n + \sum_{i=1}^n \varepsilon i K(1-e)^{i-1} e}{K(1-e)^n} = n\varepsilon + \sum_{i=1}^n \varepsilon i(1-e)^{i-1-n} e, \quad (5.6)$$

Середній коефіцієнт споживання енергії:

$$\eta = \frac{E_{\text{сер}}^c}{E_{\text{сер}}^T} = \frac{(n+1)\mu}{[n\varepsilon + \sum_{i=1}^n \varepsilon i(1-e)^{i-1-n} e](K+m)(1-e)^n} + 1, \quad (5.7)$$

За формулою (5.7) дізнаємось, що $\eta > 1$. У цьому дослідженні випадкове лінійне кодування використовується для простого обчислення вузлів.

Багатополосна передача

Припустимо, існує L непересічних контурів, що мають однакову довжину n , і вихідний вузол посиляє K пакетів одночасно через декілька шляхів до вузла збору даних. Тоді ймовірність того, що будь-який пакет може успішно дістатись до цього вузла після однієї передачі, становить [27]:

$$p = 1 - [1 - (1 - e)^n]^L, \quad (5.8)$$

Таким чином, ймовірність успішного прийому K пакетів вузла Kp , тобто надійність R є,

$$P_k = p^k = \{1 - [1 - (1 - e)^n]^L\}^K, \quad (5.9)$$

Якщо пакети надсилаються по L -контурах, загальне споживання енергії становить:

$$E'_T = LE_T, \quad (5.11)$$

Середня витрачена енергія для відправки пакетів по шляхах:

$$E'_c = L[Kn\varepsilon(1-e)^n + \sum_{i=1}^n \varepsilon i K(1-e)^{i-1} e + [(n-1)L + 2]], \quad (5.12)$$

Очікується, що кількість пакетів, отриманих вузлом потоку, буде:

$$LK(1-e)^n, \quad (5.13)$$

Тому середнє споживання енергії становить:

$$E_{\text{сер}}^{c'} = \frac{E'_c}{LK(1-e)^n}, \quad (5.14)$$

Середній коефіцієнт споживання енергії:

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta' = \frac{E_{\text{сеп}}^{\text{с}}}{E_{\text{сеп}}^{\text{т}}} = \frac{E_{\text{с}}'}{E_{\text{т}}'} = \frac{[(n-1)L+2]e}{3000LK[1+n(1-e)^{n+1}+(ne-n-1)(1-e)^n]} + 1. \quad (5.15)$$

5.5. Аналіз результатів надійності БСМ

Модель, наведена в попередньому розділі, була змодельована в середовищі MATLAB.

Однополосна передача

Припустимо, що довжина шляху дорівнює 5, а вузол джерела посилає 3 пакети на вузол мийки таким чином, що вузол потоку отримує 5 кодованих пакетів даних. Тоді надійність мережного кодування та традиційний метод моделювались при різних швидкостях втрат каналу.

Як показано на рис. 5.4, мережеве кодування досягло кращої надійності, ніж традиційний метод. У цьому документі розглядаються лише надлишкові кодовані пакети у вихідному вузлі. Надійність двох методів все ще знижувалася із втратою каналу.

В однополосному маршруті мережеве кодування покращило надійність більшою мірою, ніж традиційний метод при високій швидкості втрати каналу від перенапруження даних та з невеликими пакетами кодування мережі; однак результати все ще були небажаними. Для подальшого покращення надійності передачі даних кодування мережі, відповідно надлишкові пакети даних повинні бути додані до вузлів [27].

На рис. 5.5 представлено середнє співвідношення споживання енергії [27] для двох різних способів передачі. Видно, що η збільшується з e . Однак, незалежно від розміру e , енергія, яка споживається однополосною передачею в поєднанні з мережним кодуванням, завжди перевищує енергію, спожиту енергією, поєднану з традиційним методом. Це означає, що мережеве кодування може підвищити надійність даних передачі в мережі за рахунок невеликої кількості енергії.

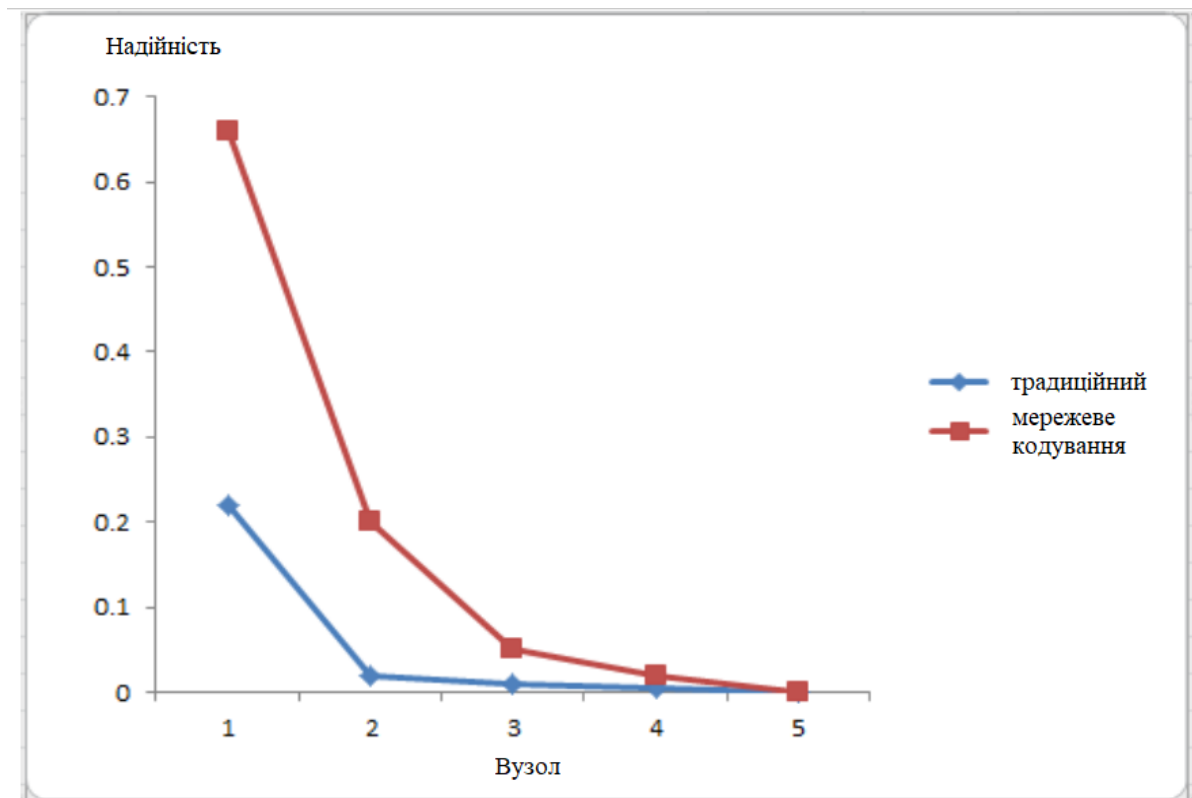


Рисунок 5.4 – Надійність двох методів

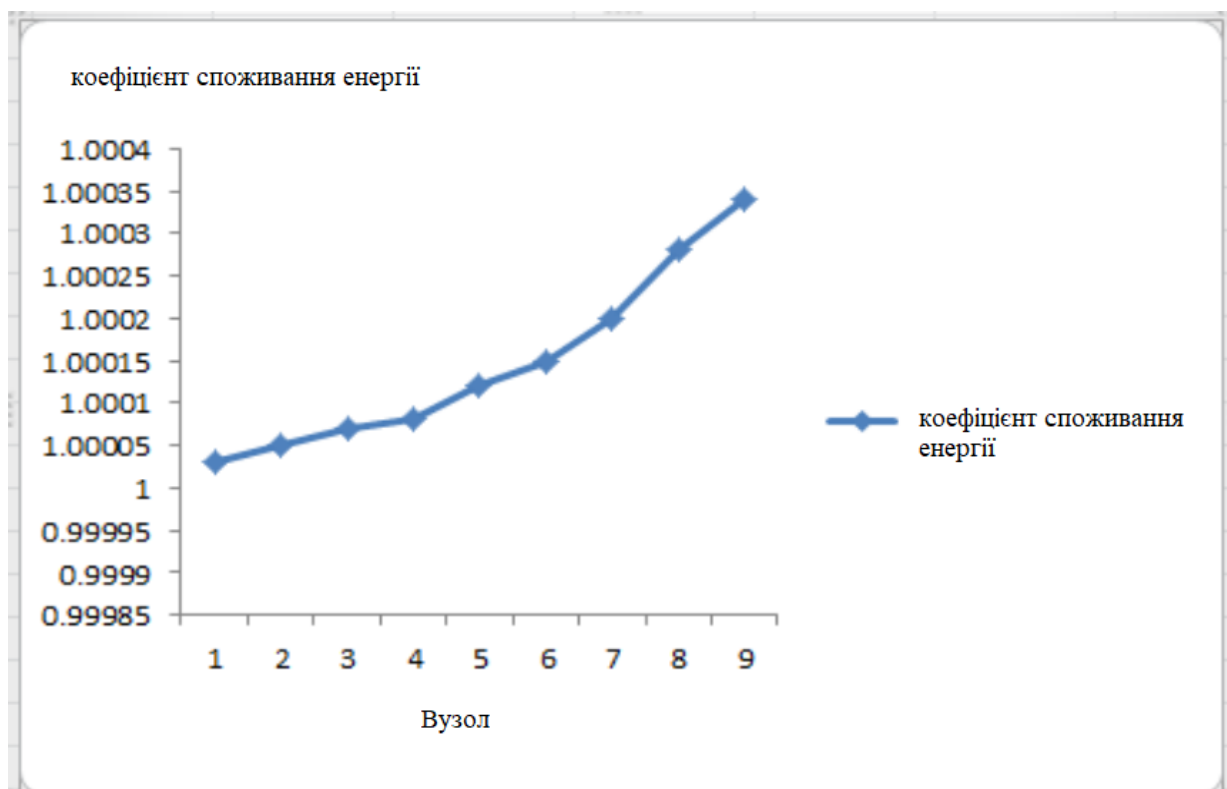


Рисунок 5.5 – Середнє співвідношення енергоспоживання двох методів

Багатополосна передача

Аналогічно припустимо, що 5 пакетів надсилаються з вихідного вузла по 3 шляхи, кожен з яких має 5 завдовжки. Тоді надійність мережного кодування та традиційний метод моделювались при різних швидкостях втрат каналу.

Як видно з рис. 5.6, метод мережного кодування випереджав традиційний метод при однаковій надмірності. Зі збільшенням швидкості втрати каналу обидва способи передавали менше надлишкових даних, що вказує на те, що поліпшення передачі не вдалося компенсувати вихід з ладу і призводить до більш тривалих шляхів [27].

Рис. 5.7 ілюструє коефіцієнт середнього споживання енергії між двома різними методами. Це показує, що мережеве кодування може підвищити надійність передачі даних у БСМ за рахунок невеликої кількості енергії.

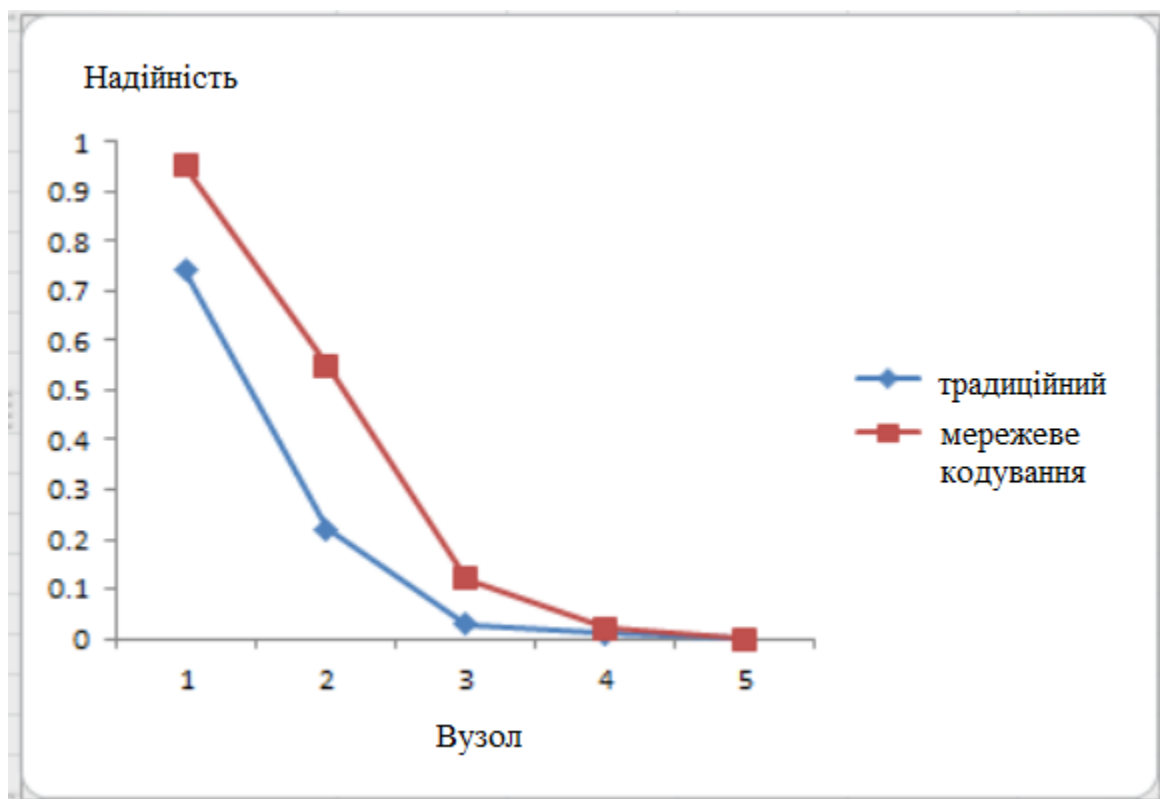


Рисунок 5.6 – Надійність двох методів

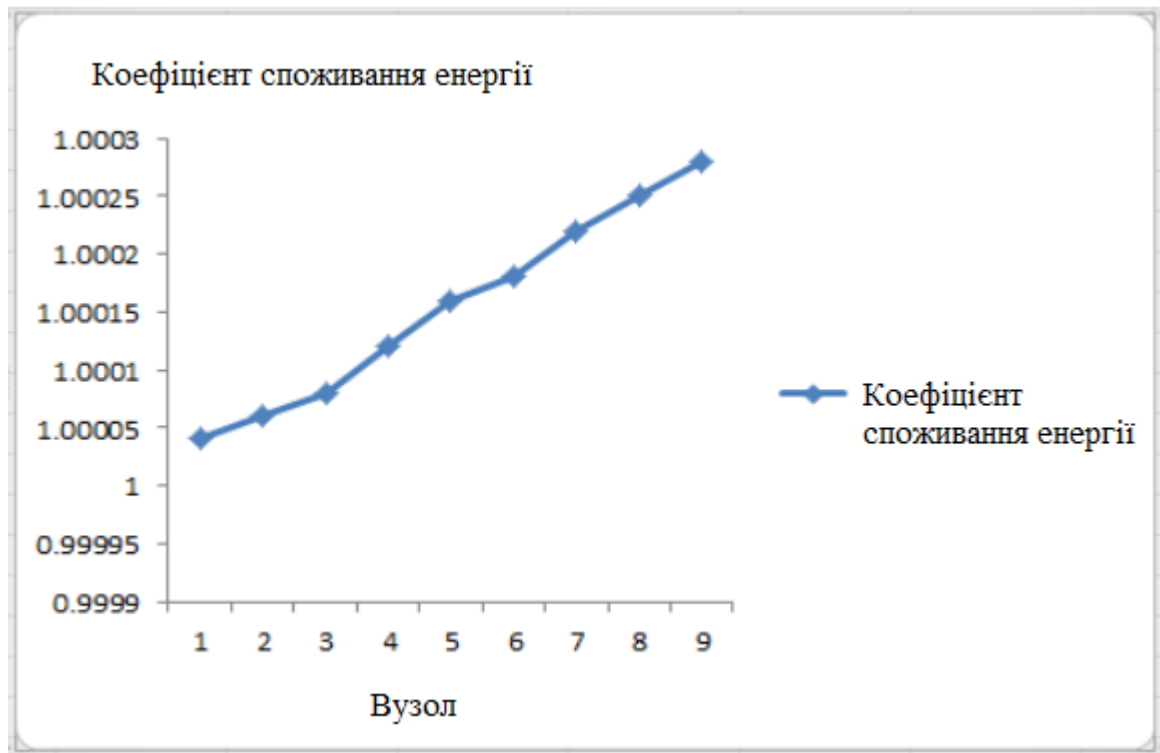


Рисунок 5.7 – Середнє співвідношення енергоспоживання двох методів

6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

6.1. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Розглянувши в попередніх розділах стан та проблеми забруднення, було розроблено комп'ютерно інтегровану систему контролю чистоти невеликих водоймищ. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту який має на меті визначити чи зможе наш продукт вийти на ринок і конкурувати з продуктами які вже зайняли на ньому своє місце.

Бізнес-ідея: застосування комп'ютерно-інтегрованої системи для контролю чистоти невеликих водоймищ, таких як, ставки, невеликі озера, річки.

Метою стартапу є впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи для контролю чистоти води від різних забруднень.

Визначення основних функцій:

- Допустиме значення рН (7)
- Допустиме значення провідності (3)
- Допустиме значення мутності (0-1)
- Прийнятна температура води в межах 0 – 25°C
- Безпека передачі даних по протоколу передачі
- Прийнятна ціна системи
- Мінімальна затрата електроенергії
- Великий термін роботи

Побудуємо морфологічну карту, на якій покажемо можливі варіанти рішень – засобів реалізації кожної функції (табл. 6.1).

6.1. Морфологічна карта

Основні параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Параметр рН води	За рахунок системи очищення методом зворотного осмосу	За рахунок системи очищення біологічним методом	За рахунок системи очищення фізико-хімічним методом	Інші	

Параметр температури води	Природніми умовами	За рахунок системи очищення методом зворотного осмосу	За рахунок системи очищення фізико-хімічним методом	Інші	
Параметр мутності води	За рахунок системи очищення методом зворотного осмосу	За рахунок системи очищення біологічним методом	За рахунок системи очищення фізико-хімічним методом	Інші	
Параметр провідності води	За рахунок системи очищення методом зворотного осмосу	За рахунок системи очищення біологічним методом	За рахунок системи очищення фізико-хімічним методом	За рахунок системи очищення хімічним методом	Інші
Безпека	Криптографічне шифрування даних	за допомогою списків управління доступом ACL	Застосування симетричних ключів	AES як електронна специфікація шифрування даних	Інші
Сенсорна мережа	Провідна	Безпроводна	Комбінована	Інші	
Джерело енергії	Звичайні батареї	Сонячні батареї	Літієві акумулятори	Електрика	Інші
Довговічність	За рахунок якості модулів системи	За рахунок використання високоякісних елементів системи	За рахунок надійності сенсорної мережі	Інші	

У таблиці 6.2 описано зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 6.2. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи для контролю чистоти води	Аудит робочих місць	Прискорення розрахунків
	Контроль чистоти води в автономному режимі в різних місцях	Спрощення розрахунків та зменшення похибок при їх проведенні
	Використання вчителями на лабораторних роботах	

Отже, система нестандартна тим, що для контролю чистоти води використовується модуль, який складається з ряду датчиків (рН, помутніння,

температури, провідності), перетворювача сигналу, мікроконтролера та ZigBee модуля. За допомогою цього модуля автоматично контролюється якість води в режимі реального часу за допомогою безпроводної сенсорної мережі.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів [28]:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		WaterQuality Company	Wallace & Tiernan	HydraClam	DEPOLUX			
1.	Вартість системи	5000	6000	5500	9000	-	-	+
2.	Швидкість встановлення	8	10	6	15	-	+	-
3.	Вартість обслуговування	600	800	1200	700	-	-	+
4.	Відсоток браку	5	12	20	25	-	-	+
5.	Затрати на виробництво	Високі	Середні	Низькі	Низькі	+	-	-
6.	Відносини з органами державної влади	Дуже добрі	Добрі	Погані	Погані	-	-	+

7.	Торгова марка	Немає	Є	Є	Є	+	-	-
----	---------------	-------	---	---	---	---	---	---

Порівнявши свій проект з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

6.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (мови програмування), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проєк-ту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність техно-логій
1.	Розробка комп'ютерної програми для розрахунку концентрації пилу	Написання комп'ютерної програми на мові програмування C++	Мова програмування вже розроблена і є в наявності	Дана мова доступна
		Написання комп'ютерної програми на мові програмування C#	Мова програмування вже розроблена і є в наявності	Дана мова доступна
		Написання комп'ютерної програми на мові програмування Python	Мова програмування вже розроблена і є в наявності	Дана мова недоступна
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: Написання комп'ютерної програми на мові програмування C#				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект можна реалізувати будь якою мовою програмування яка доступна на даний момент, але серед доступних нам ми обираємо мову C# та будемо використовувати її для реалізації нашої ідеї.

6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації [28].

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	60000 грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Патентування продукту, середня конкуренція, високий показник якості обслуговування.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ТУ У 24.1-47868795-002:2016
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	78%

Так як ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт робимо висновок що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 6.6).

Таблиця 6.6. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
-------	--------------------------	--	---	-----------------------------

	Спрощення та прискорення розрахунку концентрації пилу	Невеликі водоймища в яких проблема забрудненості води в селах/містах	Технічні стандарти які встановлюються на підприємствах. Після купівлі нашої програми клієнт може користуватися нею при розрахунках на протязі вказаного періоду після чого йому доведеться продовжити договір з продавцем.	- до продукції Зрозуміле управління програмою. Довговічність. Робота без збоїв. - до компанії-постачальника Своєчасна доставка продукту. Можливість технічної підтримки при виникненні проблем.
--	---	--	--	--

В даній таблиці ми визначили сегменти ринку на якому будемо пропонувати наш продукт, визначили фактори продукту, які формують поведінку клієнтів відносно нашого продукту та їхні основні вимоги до продукту.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні висококваліфіковані фахівці. Також, повинно своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Можливий вихід на ринок іноземних компаній конкурентів	Дослідження продукту конкурента та вдосконалення свого
2.	Інфляція	Зміна курсу гривні, за рахунок чого можуть зменшитися продажі	Реалізація продукту в більш стабільній (іноземній) валюті та моніторинг економічної ситуації в країні
3.	Наявність локального конфлікту на сході	Може вплинути на коло потенційних покупців	Пошук нових клієнтів на міжнародному ринку
4.	Постачання	Проблема з фірмами постачальниками	Зміна політики розповсюдження продукту
5.	Технічний	Збої в програмі в зв'язку з неправильним налаштуванням	Спрощення алгоритмів налаштування або впровадження постійної підтримки кваліфікованих техніків

В таблиці 6.7 ми визначили фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню нашого проекту, а також можливу реакцію на фактор щоб звести до мінімуму його вплив.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 6.8).

Таблиця 6.8. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Науково-технічні	Зміниться технологія виготовлення товару	Впровадить технологію і змінить вартість товару
2.	Попит	Хороші темпи зростання ринку	Збільшення продажів і отже прибутків компанії
3.	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску
4.	Політико правові	Може вплинути на купівлю/продаж товару.	Зміна напрямків імпорту
5.	Екологія	Підвищення зацікавленості людей екологічними проблемами	Реклама своєї продукції яка допомагає виявити підприємства які викидають багато пилу

В таблиці 6.8 ми визначили фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого проекту, а вигоди які компанія може отримати відповідно від реакції на той чи інший фактор.

Таблиця 6.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції	Олігополія	Можливість домовленості х іншими олігополістами для отримання взаємної вигоди
2. Рівень конкурентної боротьби	Національний	Вдосконалення продукту і пошук можливості виходу на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою	Міжгалузева	Розширення ринку за рахунок збільшення попиту
4. Конкуренція за видом товарів	Товарно-видова	Вдосконалення та реклама для показу переваг
5. За характером конкурентних переваг	Нецінова	Вдосконалення свого продукту і при цьому

		невелике зменшення цін відносно конкурентів
6. За інтенсивністю	Не марочна	Розробка бренду і його активна реклама

В даній таблиці ми проаналізували ринок збуту нашого продукту і визначили загальні риси конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 6.10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	На даний момент на ринку присутні 3 прямі конкуренти які надають подібні послуги	Потенційним і конкурентами є іноземні компанії які згодом можуть вийти на наш ринок. Патенти на продукти. Законодавчі обмеження. Гнучкі ціни.	Постачальниками є інтернет магазини які займаються розповсюдженням програмного забезпечення для контролю параметрів води. Диференціація витрат. Концентрація постачальників. Значення розміру поставок	Основними клієнтами є підприємства легкої промисловості. Розмір закупівель. Система інформації. Прибутки. Контроль якості.	Компанія володіє доволі сильною пропозицією, аналогів якій при збереженні якості практично немає
Висновки:	Проводити аналіз конкурентних пропозицій, працювати над зниженням собівартості.	Високий ризик входу нових гравців, адже вхідні бар'єри є не дуже високими. На даний момент потенційних конкурентів немає	Так як концентрація постачальників доволі висока вони не диктують умови роботи на ринку.	Для клієнтів все вагомим є питання ціни, вони хочуть платити менше. Для задоволення їх потреб потрібно розробляти нові пропозиції і підтримувати якість продукту.	Підтримувати хороші позиції на ринку та конкурентну перевагу, розроблювати нові види товарів

Проаналізувавши таблицю 6.10 робимо висновок що з огляду на конкурентну ситуацію на ринку можливість роботи на ринку присутня. Також

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ми визначили які характеристики повинен мати проект і які дії має проводити компанія щоб бути конкурентоспроможною на ринку.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 6.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Наявність патентів	Наявність у нашого продукту патенту, це дає споживачу упевненість в тому що він купує сертифікований продукт
2	Велика кількість постачальників	Своєчасна доставка продукту в незалежності від ситуації на ринку постачальників
3	Висока якість	Висока якість продукту яка дозволяє клієнту бути впевненим в своїх результатах досліджень
4	Технічна підтримка	Технічна підтримка розробленого програмного забезпечення при виникненні збоїв та постійне вдосконалення продукту
5.	Ціна	Опрацювання відгуків клієнтів, вдосконалення відповідно до їх пропозицій та за можливості зниження ціни на продукт.

В таблиці 6.11 на основі аналізу проведеного в таблиці 6.10 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту.

Таблиця 6.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін
«WaterQuality Company»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з METER Company						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	16	+						
2	Велика кількість постачальників	15				+			
3	Висока якість	17	+						
4	Технічна підтримка	19		+					
5.	Ціна	14						+	

З таблиць 6.11 та 6.12 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нової коп'ютерно-

інтегрованої системи контролю чистоти води. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем.

Таблиця 6.13. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони: За наявності патентів споживач впевнений в якості отриманого продукту. За рахунок хорошої підтримки ми закріплюємо свої позиції на ринку. Завдяки високій якості продукту приваблюються нові клієнти.</p>	<p>Слабкі сторони: Так як на ринку багато постачальників, у клієнтів багатий вибір продукту, компанії необхідно проводити рекламу свого продукту і збільшувати кількість його постачальників. За рахунок високої ціни клієнти обирають більш дешевий продукт, що призводить до втрати потенційного заробітку.</p>
<p>Можливості: Науково-технічні Попит Економічні Політико правові Екологія 1. Вдосконалення продукту через впровадження нових технологій; 2. Збільшення продаж; 3. Отримання державних замовлень на отримання послуг; 4. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників; 5. Зменшення податкового тиску, отримання тендерів на послуги.</p>	<p>Загрози: 1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку. 2. Різка зміна курсу гривні може привести до зменшення попиту, особливо з боку малих фірм. 3. Політичні та економічні ризики ведення бізнесу; 4. Втрата потенційних клієнтів через недостатню технічну підтримку; 5. Зменшення продажів через несвоєчасне виконання замовлень.</p>

В таблиці 6.13 проводимо перелік сильних та слабких сторін проект. А також ринкових загроз та ринкових можливостей який складаємо на основі факторів загроз і можливостей який ми складали раніше. Ринкові загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [28].

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 6.14. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	1,5 роки
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	1 рік
3	Стратегія виходу з ринку	Низька	

Проводимо аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Отже обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

6.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 6.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Промислові компанії	Зазнаватиметься готовністю підприємств піти на додаткові витрати пов'язані	Залежатиме від рівня та від темпу розвитку економіки	Середня	Середні бар'єри входу на ринок
	Компанії які займаються			Середня	Середні бар'єри входу на ринок

	аудитом робочих місць	з впровадження нових датчиків контролю параметрів води.	взагалі і галузі споживача зокрема		
	Інститути, вчені які проводять дослідження концентрації пилу			Середня	Середні бар'єри входу на ринок
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свою програму для розрахунку концентрації пилу та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із конкретним сегментом, розробляючи для нього програму ринкового впливу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Диференційовани й маркетинг	Якісний продукт, до якого прихильні споживачі, постійний зворотній зв'язок з клієнтами.	Стратегія диференціації

В таблиці 6.16 в залежності від обраного нами сегменту ринку обираємо стратегію розвитку нашого проекту на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.16).

Таблиця 6.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*

	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Зайняття конкурентної ніші
--	----	-------------------------------	--	----------------------------

В таблиці 6.17 проводимо аналіз того як будемо поводити себе в конкурентній боротьбі і в залежності від прийнятих нами рішень обираємо стратегію конкурентної поведінки.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 6.18. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Вдосконалення продукту враховуючи побажання споживачів	Стратегія диференціації	Висока якість продукту. Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Якість. Ціна. Зворотній зв'язок із виробником. Технічна підтримка.

В даній таблиці формуємо комплекс асоціацій за якими споживачі будуть ідентифікувати наш торгівельний проект.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

6.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 6.19 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Таблиця 6.19. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Потреба в безпроводній сенсорній мережі для спрощення передачі даних на смартфон користувача чи на ПК	Контролю параметрів води в режимі реального часу і прискорення отримання результатів	Постійна технічна підтримка та оновлення. Вдосконалення алгоритму передачі даних. Вдосконалення програми шляхом додавання нових можливостей і методів передачі даних . Заміна потрібних датчиків.

Результатом аналізу даної таблиці є перелік ключових переваг нашого товару перед конкурентами, а також переваги які потрібно ще створити.

Таблиця 6.20. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Комп'ютерно-інтегрована система очищення невеликих водоймищ Можна виділити наступні вигоди використання: спрощення процесу розрахунків; збільшення швидкості розрахунків; зменшення похибок.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Довговічність (немає строку давності)	Нм	Тх
	2. Гарантійний термін (довгий термін гарантійного обслуговування)	Нм	Е
	3.Досконалість виробничого виконання (Досконалий дизайн)	Нм	Тл
	4.Вартість обслуговування (Низька вартість необхідного програмного забезпечення та обслуговування)	Нм	Вр
	Якість: відповідає нормам ДСТУ2499:2017		
	Пакування: Коробка з пластику.		
	Марка: WaterQuality Company, назва товару QUALITY_METER		
III. Товар із підкріпленням	До продажу споживач має можливість протестувати дану систему забезпечення протягом одного тижня безкоштовно.		
	Після продажу споживачу будуть надходити автоматичні оновлення програми, а також можливість створення нових та модифікації існуючих сенсорів.		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Від копіювання товар буде захищено шляхом патентування системи (отримання сертифікату про інтелектуальну власність) та надання кожній проданій копію індивідуальної ліцензійної системи, яка необхідна для її активації.

В таблиці 6.20 ми створюємо трьохрівневу модель нашого товару що включає задум товару та його вигоди, основні характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 6.21).

Розрахунок ціни за основними методами ціноутворення:

1. Метод, орієнтований на витрати (витратний метод):

$$Ц = \frac{C}{1140} + C \cdot 0,001\% = \frac{9\,382\,572}{1140} + 9\,382\,572 \cdot 0,0001$$

$$= 8\,019,3 + 9382,6 = 17\,401,9 \text{ грн/шт}$$

2. Агрегатний метод – застосовується до товарів із складових елементів:

$$Ц = Ц_1 + Ц_2 + \dots + Ц_i =$$

$$= 700 + 1500 + 3\,000 + 220 + 200 + 300 + 230 = 6\,150 \text{ грн/шт}$$

3. Параметричний метод – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем:

$$Ц_{\text{нової моделі}} = Ц_{\text{базової моделі}} \cdot \frac{\text{Балова оцінка нової моделі}}{\text{Балова оцінка базової моделі}}$$

$$= 7\,000 \cdot \frac{5}{4} = 8\,750 \text{ грн/шт}$$

Таблиця 6.21. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	5500-9000 грн.	5500-9000 грн.	15000-20000 грн.	4500-6000 грн.

В таблиці проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхня та нижня межа на нашу систему контролю.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.22. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Покупка товару один раз з діючою ліцензією на встановлений термін, продовження ліцензії після її закінчення в разі необхідності.	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал збуту нульового рівня	Мережа інтернет

Було розроблено концепцію маркетингових комунікацій між споживачами та виробниками. В нашому випадку це робота напряму з виробником та реалізації продукту через мережу інтернет.

Таблиця 6.23. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Орієнтація на регулярні поставки	Мережа інтернет, виставки, семінари, друкована продукція.	Спеціалізовані виставки	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Ти досі відчуваєш, що купуєшся у брудній воді, хочеш це перевірити звони до нас, ми надамо необхідну інформацію

Результатом даного підпункту є ринкова програма яка включає концепцію збуту, просування, аналіз ціноутворення, вона залежить від цінностей та потреб потенційних клієнтів, переваги ідеї, стан ринку на якому буде впроваджено проект на даний момент та його динаміку, та відповідну обрану альтернативу поведінки на ринку.

Висновки до розділу стартап-проекту

Узагальнюючи проведений аналіз стартап-проекту можна зробити висновок що у даного проекту на даний момент є хороша можливість ринкової комерціалізації. У зв'язку з хорошою динамікою ринку на розроблений продукт буде хороший попит у споживачів, і з точки зору рентабельності проект обіцяє бути дуже прибутковим. З огляду на потенційні групи клієнтів перспективи впровадження проекту є дуже високими. Але за рахунок того, що на ринку вже є присутні аналоги продукту який розробляється бар'єр входження на ринок є досить високим. Тому для успішного виходу на нього треба надати нашому продукту властивостей які будуть виділяти його серед конкурентів. На даний момент продукт є конкурентоспроможним але для підвищення довіри споживачів і формування своєї бази клієнтів необхідно: Вдосконалити технологію розрахунків, провести рекламну компанію, для початку надати споживачам пробні версії для ознайомлення, працювати над покращенням продукту і прислуховуватись до потреб споживачів.

Як альтернативний варіант впровадження нашого стартап проекту для ринкової реалізації проекту доцільно обрати початок продаж нашого продукту в мережі інтернет і для якогось одного сегменту ринку, а тільки після закріплення на ринку вже починати шукати клієнтів в інших сегментах і пропонувати їм наш продукт. Також можна зробити висновок що для розширення ринку подальша імплементація проекту є дуже доцільною.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній магістерській дисертації була розроблена комп'ютерно-інтегрована система контролю чистоти невеликих водоймищ.

В першому розділі було надано аналіз відомих рішень стосовно теми дисертації. Описано стан забруднення невеликих водоймищ, проведено аналіз стану проблеми моніторингу чистоти НВ, наведено методи очищення води. Також проаналізовано методи забруднення цих НВ та надано деякі прилади та сенсори, що вже застосовуються для вирішення проблеми забруднення.

В основній проведено проектування приладу. Вибрано основні елементи конструкції, наведено їх характеристики. Розроблено КІС контролю чистоти невеликих водоймищ, а саме систему контролю параметрів води, що заснована на безпроводній сенсорній мережі, створено структуру цієї системи. Ця система може автоматично контролювати чистоту НВ. Також вибрано датчики контролю температури, рН, провідності та мутності води та описані їх характеристики. Проведено аналіз надійності БСМ системи, що привело до позитивного результату.

В останньому розділі обґрунтовано основні аспекти економічної доцільності застосування КІП контролю чистоти НВ у вигляді стартап проекту.

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гидробиологический контроль качества водоемов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/365383/ekologiya/gidrobiologicheskij_kontrol_kachestva_vodoemov
- [2] Биологический мониторинг. Методы индикации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5020153/page:4/>
- [3] Дистанционный мониторинг загрязнений окружающей среды / Гиниятуллина О. Л., Потапов В. П. // Научно-технический журнал «Весник». – 2014. - №1. – с. 142-147
- [4] Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие: В 2 ч. / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М., 2011.
- [5] Забруднення і очищення води [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://pidruchniki.com/1281041939573/ekologiya/zabrudnennya_ochischennya_vodi
- [6] Визначення якості води методами біоіндикації /В.І. Мальцев, Г.О. Карпова, Л.М. Зуб // Науково-методичний посібник - К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, 2011. - 112 с. - Іл. 36. - Бібл.: С. 107.
- [7] Автоматические системы контроля качества воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bwt.ru/bassein/bassein/public/kontrolja_kachestva_vody/
- [8] ПАИС02-рН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kipkomplekt.ru/text/pais-02ph.php>
- [9] Datasheet DS18B20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [10] Датчик витрати води YF-S201 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: fluxworkshop.com
- [11] Датчик мутності води [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU_SEN0189

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- [12] Aleksandra Ziemińska-Stolarska, Jerzy Skrzypski. / «Review of mathematical models of water quality» // Technical University of Łódź, 2010
- [13] M.J. Gromiec. "Modelowanie matematyczne jakości powierzchniowych wód płynących." // Instytut Meteorologii i Gospodarki wodnej // Warszawa, 2008.
- [14] Cole, T. and Buchak, E. "CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, "Hydrodynamic and Water Quality Model- Version 2.0." Tech. Rpt. EL-95-May 1995, Waterways Experiments Station, Vicksburg, MS, 1995.
- [15] M. Zheleznyak "Mathematical models of radionuclide dispersion in a reservoir." set In:"System Analysis and Methods of Mathematical Modelling in Ecology." V.Glushkov Institute of Cybernetics , Kiev, 1990 , 48-58.
- [16] Y. Onishi, D. Trent, "Математическое моделирование переноса осадков и радионуклидов в поверхностных водах". NUREG / CR-1034, Washington D.C., 1981.
- [17] Dung Nguyen, Phu H. Phung. «A Reliable and Efficient Wireless Sensor Network System for Water Quality Monitoring». Department of Computer Science, University of Dayton, Dayton, OH, USA. 2017.
- [18] S. S. Sandha, S. Randhawa, and B. Srivastava, "Blue water: A common platform to put water quality data in india to productive use by integrating historical and real-time sensing data," IBM Research Report. IBM, 2016.
- [19] Ph Sensor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alselectro.com/ph-sensor-electrode-with-gain-board.html>
- [20] Датчик мутности воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://duino.tom.ru/product/datchik-mutnosti-vody/>
- [21] Датчик проводимости воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.amazon.com/slp/conductivity-sensor/wssc4qgqqbbo6ps>
- [22] GSM модуль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohrana.ua/gsm-signalizatsiya/gsm-modul/>
- [23] Мікроконтролер STM32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>

					МД.ПМ4104.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

- [24] Mo Deqing,Zhao Ying,Chen Shangsong,,Automatic measurement and reporting system of water based on GSM Department of Electronic and Technology, 2011.
- [25] Barabde M. N. Continuous Water Quality Monitoring System for Water Resources at Remote Places / M. N. Barabde, S. R. Danve. // International Journal of Engineering Research and General Science. – 2015. – С. 172–177.
- [26] Обзор технологий беспроводных сетей. // ТРУДЫ МФТИ. – 2012. – №2. – С. 3–29.
- [27] Zhifu Luan. Calculation and Simulation of Transmission Reliability in Wireless Sensor Network Based on Network Coding / Zhifu Luan. // Weifang University of Science and Technology. – 2017. – №12. – С. 150–161.
- [28] Методичні вказівки з оформлення стартап-проекту, КПІ 2019р.
- [29]
- " : " " . " "
- " "] " - :
- " " / " "/
- "151 « " ") / " » "152 «
- " " / " > / " 0' "
- "= 0 0' 0' ." 0' 0' 0'- " "
- *1 : 2,09 +0'- ": " 0' " .'2019. –
- 106 0'- " " 0https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30397
- [30]
- " " 0' "" 0'
- α [" -: " " " 0' "
- 151 « " ") / " », " "
- "« ») / " " "»,
- 152 « " " / " "»,
- "« / " " " "
- >/ " 0' " "= 0' 0' 0'."
- 0' 0' ." 0' 0' 0'- " " *1 : 2,29
- +0'- ": " 0' " .'2019. – 203 0'- " " 0'
- https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30404
- [31]
- . " 0' 0' " " " "
- TLAB-SIMULINK [" "- , " T"
- 0' 0' ." 0' 0' ." 0' 0' = "<>. –
- " *1 : 3,57 +0'- ": "<>, 2006. – 175 0'-
- " " 0https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30394
- [32]
- ". 0' 0' " " " "
- " " "]" " -: "
- " " "152 « " "- /
- " >/ 0' 0' ." 0' 0' ="
- " 0' " ". "<">- "
- " *1 : 27,53 +0'- ": " 0' " ."
2017. – 108 0'- " " http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22175